

1. CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En Bolivia, la evolución de la red caminera ha sido lenta: fundamentalmente debido a las condiciones topográficas y geográficas donde se deben construir nuestros caminos.

En zonas montañosas los costos de construcción de las carreteras son muy elevados, como así también en las zonas tropicales a causa de la escasez de materiales y en la mayor parte se encuentra con terrenos y suelos muy inestables para la construcción de carreteras a causa de inundaciones y desastres naturales.

Por información del Servicio Departamental de Caminos, el tráfico vehicular en la mayoría de estos caminos oscila entre los 115 vehículos / día.

Este tipo de carreteras con esa intensidad de tráfico vehicular forma parte de un interés departamental, que a través de estas comunidades desde el Rosal, hasta León Cancha, vincularán los demás pueblos olvidados.

Eventualmente, pueden considerarse también como caminos Municipales los que partiendo de una vía de comunicación dan acceso a zonas de interés turístico o social, aún cuando éstas no constituyan precisamente a centros de poblaciones vecinas.

Durante el transcurso de los años se llega a observar que en la ciudad de Tarija se ha logrado implementar diferentes proyectos relacionados a la apertura y mejoramientos de caminos, no obstante, a beneficio de estas comunidades como así de la Gobernación del departamento de Tarija, se plantea un estudio de apertura y mejoramiento de camino que sea a diseño final, que cuente con todos los parámetros en diseño de carretera basándose en NB de la ABC. Debido a esto podemos apreciar que este tramo forma parte de la red fundamental de la ciudad de Tarija.

1.2 Identificación del Problema

La falta de mantenimiento en el tramo ocasiona que nuestros caminos se deterioren debido al constante tráfico, las excesivas lluvias también son otro factor que causa el deterioro en las carreteras, por la falta de obras de arte como ser: las alcantarillas de

alivio y alcantarillas de paso, también podemos percibir el deterioro de los desagües que existen.

Las restricciones y dificultades a las que se ve sometida la carretera debido a las características actuales son: ancho de la plataforma, superficie de rodadura, radios de curvatura mínimos, deficiencias en los sistemas de drenaje, etc. Con las dificultades mencionadas, frena la economía de la región y de los usuarios, incrementando substancialmente los costos de operación de los vehículos que transitan la carretera.

Esta ruta fundamental D602, forma parte de la red de caminos del departamento de Tarija con el Departamento de Chuquisaca (límite con Caraparí y el río Pilaya), Además de ser un camino comunal de tierra, no cuenta con las normas que requiere un camino de la red departamental, esto se debe a que no se tomó una atención a este tipo de rutas.

El problema nace en la deficiencia de la planificación ya que se tiene un camino actual que no cuenta con los requisitos de un diseño geométrico acorde a las necesidades de la ruta, como ser: una adecuación de radios de curvatura de acuerdo a normas, distancias de visibilidad, pendientes máximas y mínimas, curvas verticales, sistema de drenaje transversal, longitudinal, etc.

El camino actual “El Rosal – León Cancha”, es parte de la continuación de un proyecto realizado por el Gobierno Departamental de Tarija, que comienza en el Puente Unión Europea (Comunidad Carachimayo), hasta la comunidad El Rosal, dentro de dichos planes está la continuación del estudio hasta su etapa final que viene a ser la integración del departamento de Tarija y el departamento de Chuquisaca a través de sus comunidades aledañas.

El desarrollo integral y productivo mediante la implementación de vías de acceso adecuados y que respondan a las necesidades de la población, mejorando las condiciones de vida y al desarrollo de la misma comunidad.

El proyecto del camino “El Rosal – León Cancha”, se encuentra ubicado en el departamento de Tarija, provincia Méndez, y comienza en la comunidad El Rosal y

termina en la comunidad de León Cancha y cuenta con una distancia aproximada de 5.914.88 Km.

1.3 Justificación

Se ve la necesidad de contribuir al desarrollo caminero del departamento de Tarija, mediante un estudio de ingeniería basado en el diseño geométrico, con la finalidad de obtener un camino mejorado que cumpla con las condiciones de seguridad para el usuario.

La urgencia de mejorar las condiciones de vida a través de la comunicación, mediante nuestras carreteras en las comunidades de bajos ingresos económicos que están en el sur del territorio boliviano, incorporándolos de esta forma a la economía nacional. Se ve la necesidad mejorar la integración del departamento de Tarija, y permitir vincular la provincia Méndez con las demás regiones del departamento.

Las poblaciones aledañas a una ciudad pueden comenzar su progreso a partir del momento que se construya una buena carretera, para tener una mejor comunicación con la ciudad y mejorar sus medios de transporte, por lo mismo es de mucha importancia la construcción de carreteras o el mejoramiento de las existentes.

El proyecto estaría facilitando como primera instancia la necesidad de ejecutar una carretera que cumpla con las normas básicas bolivianas y que permita integrar dos departamentos de Bolivia “Tarija – Chuquisaca”, a través de esta ruta departamental, beneficiará a diferentes comunidades como ser: El Rosal, León Cancha y comunidades aledañas, permitiendo así un fácil transporte de sus productos agrícolas para su comercialización en los centros poblados de Tarija y Chuquisaca.

Esta carretera se la adecuará a las normas bolivianas de carreteras (ABC), que permita una cómoda transitabilidad a los vehículos que circularan a través de ella, con un buen diseño geométrico que permita un adecuado flujo vehicular y con excelente seguridad de transporte.

El problema requiere un tratamiento que haga uso de la técnica más apropiada y aprovechando los resultados y aplicaciones prácticas, se llevará a cabo el mencionado estudio a diseño final, el cual se realizará como un aporte al gobierno departamental de Tarija, con el fin de que el mencionado proyecto pueda ser utilizado como base de cualquier proceso constructivo, en una licitación o adjudicación directa.

Esto nos debe convencer de que esta obra es una de las necesidades que tiene nuestro departamento ya que está dentro de la red fundamental de Bolivia. El diseño del camino estará en base a normas establecidas por la ABC “Administradora Boliviana de Caminos”.

1.4 Objetivo General

El presente trabajo tiene por objeto elaborar un estudio de ingeniería técnica basado en un diseño geométrico que permita mejorar la geometría del camino existente aplicando normas de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), y así desarrollar un camino de interés departamental logrando obtener un mejoramiento de camino final adecuado a parámetros establecidos por norma alcanzando mejorar pendientes, radios de curvatura y proyectar el camino para que en un futuro se convierta en una carretera de primer orden, desde la comunidad El Rosal hasta León Cancha con el fin de integrar y dar mejor viabilidad a estas comunidades y al desarrollo del departamento integrando al país.

1.5 Objetivos Específicos

- Realizar el diseño geométrico del camino desde El Rosal hasta León Cancha, mejorando mediante parámetros de diseño el tramo en estudio.
- Categorizar el camino en estudio, mediante el tipo de topografía que presenta el tramo, y así considerar sus velocidades de diseño.
- Plantear alternativas de trazo para elaborar el proyecto de mejoramiento de camino y elegir la más óptima para el diseño.

- Viabilizar sobre el camino actual un diseño final aplicando parámetros de diseño acordes a la norma establecida por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).
- Con este estudio a diseño final se beneficiarán las comunidades del Rosal y León Cancha y por consiguiente se facilitará un estudio al gobierno departamental de Tarija, para una continuación a sus planes de desarrollo.
- Realizar un reconocimiento del lugar, y establecer con los comunarios, los puntos obligados por donde se trazará el mejoramiento de camino.
- Mejorar las pendientes máximas y mínimas
- Realizar el levantamiento topográfico del área en estudio para diseñar un camino de interés departamental.
- Realizar un trazado acorde a las normas técnicas de Bolivia, mejorando el camino existente con nuevas curvas de diseño, que cumplan con los requisitos que exige la ABC.
- Aplicar los parámetros de diseño de pendientes máximas, radios de curvatura mínimos, longitud de rectas máximos y mínimos, que permita desarrollar un buen trazo.
- Obtener datos hidrológicos de las estaciones pluviométricas que correspondan a la zona para realizar el respectivo cálculo y diseño de obras de arte que correspondan.
- Realizar el diseño geométrico mediante un programa computacional considerando los parámetros de diseño según sus características. Para este diseño se aplicará el programa computacional “Civil 3D”
- Realizar el diseño de las diferentes obras de arte menor como alcantarillas de alivio, de cruce, cunetas, y otros que necesiten emplazar al proyecto.
- Obtener volúmenes obras para ejecutar un presupuesto final.

- Obtener resultados del volumen de movimiento de tierra que se va a realizar como así también la tabla de volúmenes con su respectiva curva masa.
- Realizar los correspondientes planos finales: Planos en planta, bimodales, secciones transversales, curva masa, y sección tipo de la carretera.
- Realizar los correspondientes planos finales: Planos de alcantarillas, cunetas, etc.
- Realizar el presupuesto general mediante el programa computacional PRESCOM para determinar el costo total del proyecto.
- Proporcionar una herramienta de información para fomentar el conocimiento acerca del estudio a realizar tanto para estudiantes como para la entidad pública.

1.6 Alcance del Trabajo

En lo que refiere en el presente estudio, se pretende plasmar mediante la ingeniería el diseño geométrico, a un camino existente con la finalidad de realizar un mejoramiento al tramo en estudio, adecuándolo a las normas de nuestro país, como ser las normas bolivianas para el diseño de caminos de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

Se realizará la ingeniería del proyecto obteniendo el levantamiento topográfico del tramo e información de trabajo de campo y luego para ser procesado en gabinete, toda la información obtenida se pasará a un software de diseño de caminos Civil 3D

Se trabajará en la planimetría, en el perfil longitudinal, y luego proseguir con las secciones transversales tomando en cuenta el ancho de la calzada, taludes para posteriormente realizar el computo volumétrico con lo que corresponde al movimiento de tierras calculando el área y el volumen, mas su diagrama de masa respectivo.

Con este estudio se proyectará un camino acorde a las exigencias de una ruta departamental, perteneciente a la red fundamental de Bolivia, se clasificará el tipo de camino a diseñar y mediante esta clasificación se contemplará los parámetros de diseño

que serán empleados en el estudio, logrando de esta manera adoptar una velocidad de diseño. También se empleará para el diseño curvas simples y con transición con la finalidad de mejorar las curvas del tramo, aplicando el radio de curvatura mínima, longitudes de recta máxima y mínima, peraltes, sobre anchos, se mejorará las pendientes existentes del camino actual, logrando tener un camino seguro y viable.

Como un anexo complemento a este diseño geométrico se realizará el cálculo de las obras de arte menor que son de prioridad en un camino, porque el agua es el principal enemigo de las carreteras, como así también este estudio de diseño geométrico se ajustará a un presupuesto general contemplando así el movimiento de tierras y volúmenes de obras de arte. De esta forma en un futuro este estudio pueda ser incluido a un presupuesto de medidas de mitigación ambiental.

Este estudio contemplará una plataforma con una carpeta de ripiado, se realizarán ensayos de suelos que serán obtenidos a cada 500m, este con la finalidad de saber si el terreno es apto para realizar dicho estudio o simplemente realizar un mejoramiento de suelo en puntos críticos.

Además con este estudio se pretende aportar al desarrollo del departamento de Tarija permitiendo que el mencionado proyecto pueda ser licitado o ejecutado por la misma institución.

Al final de este trabajo se pretende ampliar los conocimientos del que suscribe, así también como de toda aquella persona que tenga contacto con este trabajo, deberá comprender todo el procedimiento de un buen desarrollo para la elaboración de un trazo y construcción de carreteras, así también como anteriormente se dijo obtener resultados que puedan dar una mayor comprensión de la ejecución de un camino.

2. CAPÍTULO II – CONTENIDO PRELIMINAR

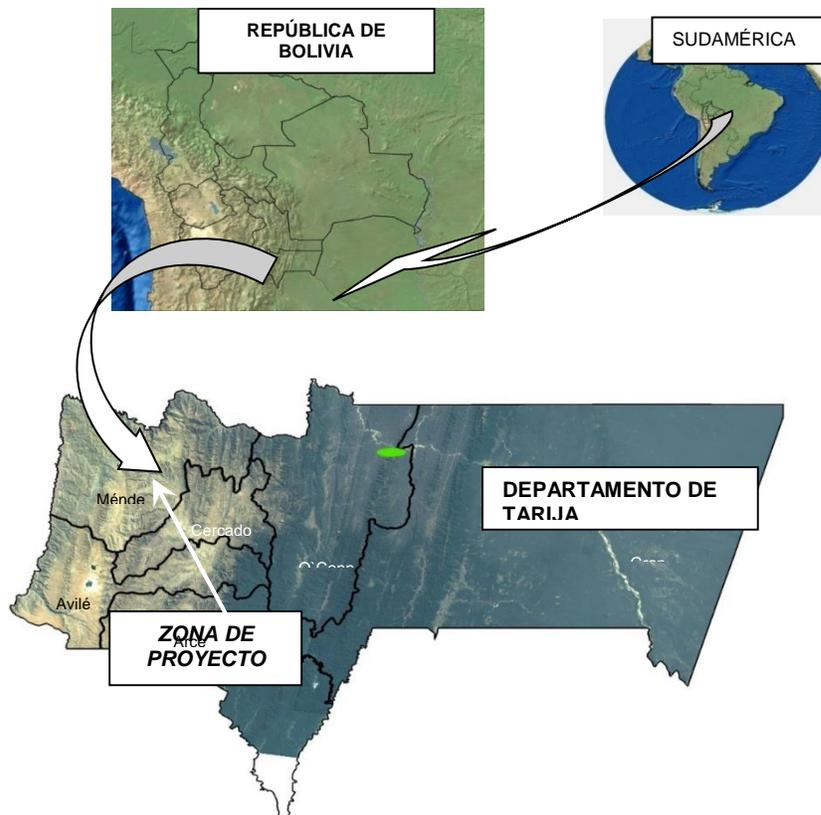
2.1 Consideraciones Geográficas Físicas

Un Proyecto Vial requiere identificar y determinar aquellos parámetros que permitan diagnosticar su situación actual y futura, con y sin la implantación del proyecto a ser considerado. En el caso de Estudios de Transporte los pasos iniciales y prioritarios se fundamentan en la recolección de información que es utilizada posteriormente en otras etapas del Proyecto; específicamente este Estudio se ocupa de estimar y determinar entre otros, los Volúmenes de Tráfico, las Características de los Flujos Vehiculares, Velocidades y elementos inherentes al tránsito actual sobre la vía departamental sobre la ruta desde la comunidad El Rosal hasta la comunidad de León Cancha.

Geográficamente el estudio se encuentra ubicado en las coordenadas UTM siguientes:

Coordenada inicio (E:318964.636; N:7653031.556) Comunidad El Rosal

Coordenada final (E:322152.959; N:7657268.099) Comunidad León Cancha





Fuente: IGM/ Mapa N° 2 Base de datos

Físicamente las condiciones impuestas por la naturaleza en la zona del trazado y suelen implicar restricciones que la clasificación para diseño debe considerar. Los principales son:

- Relieve: la zona presenta un relieve ondulado montañoso a una altura por encima de los 2000 m.s.n.m.
- Hidrografía: referente a la hidrografía la zona presenta ríos quebradas
- Geología: la zona presenta formaciones geológicas del ordovícico y cuaternario
- Clima: presenta un clima templado en la mayor parte del tiempo con vientos fuertes.

2.2 Aspectos Económicos y Sociales

Los Estudios de Tráfico para el Estudio Técnico, Económico, Social comprenden tareas de recolección de información existente y trabajos de campo mediante Aforos Volumétricos, Encuestas Origen – Destino y Velocidades. También, se utilizaron las estadísticas de información existentes respecto al tráfico de vehículos por la zona del proyecto, permitiendo identificar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y su evolución histórica.

2.3 Volumen y tipo de Tránsito

Procesados los aforos vehiculares clasificados, transcribimos el número de vehículos/día y porcentajes del volumen en ambos sentidos de circulación. Con la información obtenida se hizo una evaluación de los aforos volumétricos realizados, a fin de constatar su veracidad y exactitud, aceptando los valores obtenidos para el análisis de la tendencia de crecimiento del tránsito normal.

Los resultados presentan el movimiento vehicular durante el transcurso de un día normal en el tramo de proyecto. El TPD en ambos sentidos en la comunidad es de 115 vehículos/día.

La información anterior esta en base al TPDA obtenido de los aforos de campo; es decir solo representa a la actividad de ese periodo. Para Estudios de Transporte se requieren conocer el tráfico que representa a la media anual, lo que es conocido como el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

Cuadro N°1 Valores de TPDA (Obtenido en aforos en campo)

Vehículo Tipo		T.P.D.A.	(%)
LIVIANOS	Automóvil/vagoneta y jeep	58	50.29%
	Camioneta	20	17.44%
	Minibús	22	19.19%
BUSES	Microbús	0	0.29%
	Bus medianos	1	0.58%
	Bus Grandes	0	0.00%
CAMIONES	Camión mediano	6	5.23%
	Camión Grande dos ejes	5	4.65%
	Camión grande tres ejes	2	1.74%
	Camión Semi-remolque	0	0.00%
	Camión con remolque	1	0.58%
OTROS VEHÍCULOS		0	0.00%
		115	

Fuente: información Servicio Departamental de Caminos SEDECA

3. CAPÍTULO III – INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 Recopilación de Información Existente

La topografía, cartografía, drenaje, uso actual del suelo, y el tráfico son aspectos muy importantes para desarrollar la ingeniería del proyecto, por ello se realizó un levantamiento de información posible para plantear los parámetros de diseño.

Los datos históricos del tráfico y de los vehículos que transitan por la zona corresponden a la zona en estudio fueron proporcionados por el Servicio departamental de caminos. Los cuales son:

El tráfico promedio utilizado en el “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**”, es el siguiente:

TPDA: 115 veh/día

Además, se recurre a la información de cartas geográficas de la zona en estudio, estas cartas están a una escala de 1:50000 con curvas a cada 20m, que permiten definir las principales cuencas y relieves topográficos de la zona.

En base a esta información inicial y sobre las imágenes satelitales de la zona se realizó el trazo inicial de la ruta para poder tener una idea de la región en forma general y lograr señalar allí el camino actual y las variantes que sería importante analizar, los

cursos de agua, cruces con otras vías, cruces con líneas eléctricas, los puentes existentes y toda obra importante dentro de la zona.

3.2 Parámetros de Diseño

Existen factores de distinta naturaleza que influyen en diversos grados el diseño de una carretera. No siempre es posible considerarlos explícitamente en una instrucción o recomendación de diseño en la justa proporción que les puede corresponder

3.2.1 Velocidad de Proyecto (V_p)

Es la velocidad de diseño que permite definir las características mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad, elementos que sólo podrán ser empleados en la medida que estén precedidos por otros (en ambos sentidos del tránsito), que anticipen al usuario que se está entrando a un tramo de características geométricas mínimas, el que además deberá estar debidamente señalizado. La velocidad de Proyecto reemplaza a la denominada Velocidad de Diseño. El concepto de Velocidad de Proyecto se usará para efectos del Sistema de Clasificación Funcional para Diseño, a fin de indicar el estándar global asociado a la carretera y para definir los parámetros mínimos aceptables bajo condiciones bien definidas.

La Velocidad de Proyecto utilizada es 50 Km/h. Esto quiere decir que para el “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**”, se tiene la velocidad siguiente:

Cuadro N° 2 Velocidad de proyecto adoptada para el estudio

Velocidad de Proyecto adoptada para el estudio	$V_p=50$ Km/h
--	---------------

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.1 Clasificación Funcional de la Vía

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 Vp más altas corresponden a trazados en terrenos llanos, intermedias a 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. La siguiente tabla N°1 presenta las características principales según categorías:

Tabla N° 1 Clasificación funcional para carreteras y caminos rurales

CATEGORIA		SECCION TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)	CODIGO TIPO
		N° CARRILES	N° 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

(n) Número Total de Carriles
 - xx Velocidad de Proyecto (km/h)
 * Menor que 30 km/h en sectores puntuales conflictivos

Fuente: Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

La definición conceptual de las categorías se presenta en los siguientes párrafos y un resumen integrado con la funcionalidad de la vía:

Autopista (O)

Son carreteras nacionales diseñadas desde su concepción original para cumplir con las características y niveles de servicio que se describen a continuación. 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 ciudades o poblados (circunvalaciones).

La sección transversal estará compuesta por dos o tres carriles unidireccionales dispuestos en calzadas separadas por un cantero central de al menos 13 metros de ancho, si está previsto pasar de 2 carriles iniciales por calzada a 3 carriles futuros.

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

Autorrutas (IA)

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.

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

Carreteras Primarias (IB)

Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes 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 de 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.

Cuadro N°3 Clasificación de carreteras primarias (IB)

	Terreno Llano y Ond.Fuerte	Terreno Montañoso
Calzadas Unidireccionales	100 - 90 km/h	80 km/h
Calzadas Bidireccionales	100 - 90 km/h	80 km/h

Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

Caminos Colectores (II)

Son caminos que sirven 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

Caminos Locales (III)

Son caminos que se conectan a los caminos colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente. Son pertinentes la Ciclo vías.

La sección transversal prevista consulta dos carriles bidireccionales y las velocidades de proyecto son:

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

Cuadro N° 4 Clasificación por Categoría de Topografía

tipo de topografía montañosa por encima de los 2000 m.s.n.m	se categoriza como camino local III
---	--

Fuente: Elaboración Propia

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 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 asocia debe permitir el cruce de un vehículo liviano y un camión a velocidades tan bajas como 10 km/h 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

En este “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**” se lo categorizó como **Camino Local categoría III**, teniendo en cuenta el tráfico que se tiene y se llegará a tener, con parámetros de diseño tendientes a mejorar la categoría precautelando sobre todo las condiciones de seguridad y de funcionalidad de este camino.

3.2.2 Radio de Curvatura

Los radios mínimos son los valores límites de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relacionan con la sobre elevación máxima y la fricción lateral escogida para el diseño.

Las curvas circulares y de transición deben tener como especificación el radio de curvatura mínima, este debe adoptarse en concordancia con la velocidad de proyecto y el peralte máximo. De acuerdo a las normas de la Administradora Boliviana de Carreteras ABC, se establecen los radios de curvatura en función de los anteriores parámetros indicados en los términos de referencia. En el presente proyecto se adoptó como válido el parámetro indicado en los términos de referencia que indican como radio de curvatura mínimo 80 m.

Según la norma de diseño geométrico de la Administradora Boliviana de Carreteras ABC, la aplicación del radio mínimo no es recomendable; sólo será utilizado en casos particulares, condicionado por razones técnicas o económicas

Donde:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 * P_{max} * (f \pm i)}$$

R_{min} = Radio mínimo de la curva (m).

P_{max} = Peralte máximo (%).

V = Velocidad de diseño del proyecto (Km/h)

f = Coeficiente de fricción (neumático-calzada).

i = Pendiente longitudinal.

Tabla N° 2 Radios Absolutos en Curvas Horizontales

Caminos Colectores - Locales - Desarrollo			
Vp	emax	f	Rmin
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 Diseño Geométrico ABC

El radio Mínimo utilizado para el “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**”, es el siguiente:

Cuadro N° 5 Radio Mínimo Utilizada para el estudio

Radio Minimo utilizado para el estudio	Rmin = 80 m
--	-------------

Fuente: Elaboracion Propia

3.2.3 Peralte

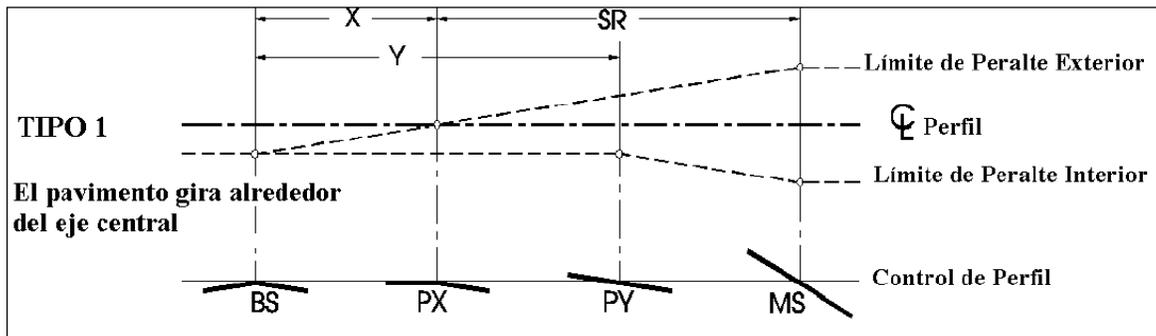
Al pasar un vehículo de una tangente a un alineamiento curvo, al recorrer aparece la fuerza centrífuga que debe ser contrarrestada con el peralte que es el desnivel del carril interno en relación al carril externo, es decir "la inclinación de la calzada de la carretera que contrarresta los peligros de deslizamiento transversal y vuelco del vehículo".

La elección del peralte adecuado para un proyecto de una carretera debe obedecer a criterios en los que se tenga un equilibrio entre el radio de curvatura, el peralte y el coeficiente de fricción. Las normas de la Administradora Boliviana de Carreteras ABC establecen peraltes máximos recomendables para diversos tipos de camino. En el

presente proyecto se adoptó el parámetro indicado por los términos de referencia que indicaban como peralte máximo de 7%.

Este parámetro tiene su importancia, por lo tanto, debe establecerse los peraltes respectivos concordantes con toda la geometría de la carretera en tanto las condiciones topográficas son más severas, se tendrá que establecer los peraltes más recomendables de manera que la circulación de los vehículos sea en confort y seguridad en las trayectorias curvas. A continuación, mostramos las recomendaciones de las normativas respecto a este parámetro.

Figura N° 1 Diagrama Transición del peralte



Las normas de la Administradora Boliviana de Carreteras ABC establecen peraltes máximos recomendables para diversos tipos de camino.

Donde:

$$e = \frac{V^2}{127 \cdot Rc} - f$$

P = Peralte en decimal

V = Velocidad de diseño en Km/hr

Rc = Radio de curvatura en m

f = Factor de fricción neumático calzada.

La norma adopta un peralte máximo de acuerdo a la categoría del camino y de esta manera se pueda calcular un radio de curvatura mínimo, esto significa que mientras el radio de curvatura se acerque al mínimo el peralte será el máximo admisible por la norma.

En casos en que los radios se alejen del mínimo, el peralte debe reducir hasta el caso en que no se precise del mismo, esto sucede en curvas con radios de curvatura muy grandes, en este caso el valor obtenido por la fórmula dará negativo. Un valor muy importante para el uso de la fórmula de equilibrio es el factor de fricción neumático calzada o coeficiente de fricción transversal.

Tabla N° 3 Coeficientes de Fricción Transversal

Valores máximos admisibles del coeficiente de fricción transversal (f)										
$f = 0.196 - 0.0007 \cdot V$										
Vd.(Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
f	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC

El peralte utilizado para el “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**”, es el siguiente

Cuadro N° 6 Peralte Máximo Utilizada para el estudio

Peralte Maximo utilizado para el estudio	$P_{max} = 7\%$
--	-----------------

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4 Sobre ancho

La trayectoria de los vehículos en curvas horizontales, debido a la rigidez del chasis de los vehículos generalmente originan que las trayectorias del eje delantero y trasero sean

diferentes, si se quiere mantener la trayectoria del eje delantero dentro del carril que le corresponde, el eje trasero requiere de un ancho adicional denominado sobre ancho

Para los sobre ancho de 0.5 m se tiene entendido que se trata de un mejoramiento de camino y debe considerarse este parámetro de diseño, esperando no inflar demasiado los volúmenes de movimiento de tierras.

Este parámetro al igual que el resto de los parámetros geométricos tiene su importancia, tiene una función específica que cumple en la trayectoria de los vehículos en las carreteras en la trayectoria curva, en el caso de las carreteras de bajo volumen de tráfico al tener velocidades de proyecto más bajas, directamente este sobre ancho se hace menor sin embargo debe ser considerado para que se tenga cierta seguridad en las trayectorias de las curvas. A continuación, mostramos las recomendaciones de las normativas respecto a este parámetro correspondiente a la categoría de la ruta

Tabla N° 4 Tabla de Sobre ancho según el tipo de camión

TIPO DE VEHÍCULO (Lt en m)	PARÁMETRO DE CÁLCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LÍMITE (m)
Camión Unid. Simple Lt=11,0* Bus Corriente Lt=12,0	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) - 0,85$	0,55 E	0,45 E	$25 \leq R \leq 75$
Bus de Turismo Lt=13,2* Bus de Turismo Lt=14,0*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(Lo^2/R) - 0,85$	0,55 E	0,45 E	$30 \leq R \leq 95$
Semitrailer Lt=16,4	L1 = 5,6 L2=10,0	$((L1^2 + L2^2)/R) - 0,80$	0,55 E	0,45 E	$35 \leq R \leq 115$
Semitrailer Lt=18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2	$((L1^2 + L2^2)/R) - 0,80$	0,55 E	0,45 E	$50 \leq R \leq 155$
Semitrailer Lt=22,4*	No corresponde a Caminos con $V_p \leq 60$ Km/h				

Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

En Caminos Locales y de Desarrollo con calzada de 6,0 m de ancho, pueden existir curvas con radios menores o iguales que 65 m, los que según sea el vehículo tipo considerado, requerirían ensanches mayores que los máximos establecidos, no siendo posible entonces el cruce de dos vehículos tipo dentro de la curva; en estos casos sólo

se podrán cruzar dentro de la curva un vehículo comercial tipo y un vehículo liviano, debiendo los vehículos comerciales que requieren ensanches mayores en los tramos rectos. Si no existen tramos rectos de longitud suficiente y se da una sucesión de curvas restrictivas respecto de lo requeridos por el vehículo tipo considerado, se deberá estudiar uno o más ensanches especiales al interior de dicho tramo. Simultáneamente, el rango de radios que requieren ensanche crece significativamente para los vehículos tipo de mayor tamaño.

3.2.5 Distancias de Visibilidad

Una carretera o camino debe ser diseñado de manera tal que el conductor cuente siempre con una visibilidad suficiente como para ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En general, el conductor requiere de un tiempo de percepción y reacción para decidir la maniobra a ejecutar y un tiempo para llevarla a cabo.

Se distinguen para este diseño tres tipos de visibilidad, bajo distintas circunstancias impuestas por el trazado de la carretera o la maniobra que se desea ejecutar.

Los casos básicos aludidos son:

- Distancia de visibilidad para Parar
- Distancia de Visibilidad para Pasar
- Distancia de Visibilidad en Curvas

Las dos primeras situaciones influyen el diseño de la carretera en campo abierto, considerando inicialmente la situación de referencia, es decir, en alineamiento recto y sin Pendiente, para luego analizar el efecto de las pendientes y de las obstrucciones a la visibilidad que pueden darse en las curvas horizontales.

3.2.5.1 Distancia de Visibilidad para Parar

Esta es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo en marcha, cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto delante de su recorrido

Se considera obstáculo aquel 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:

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

Df = Distancia de frenado (m)

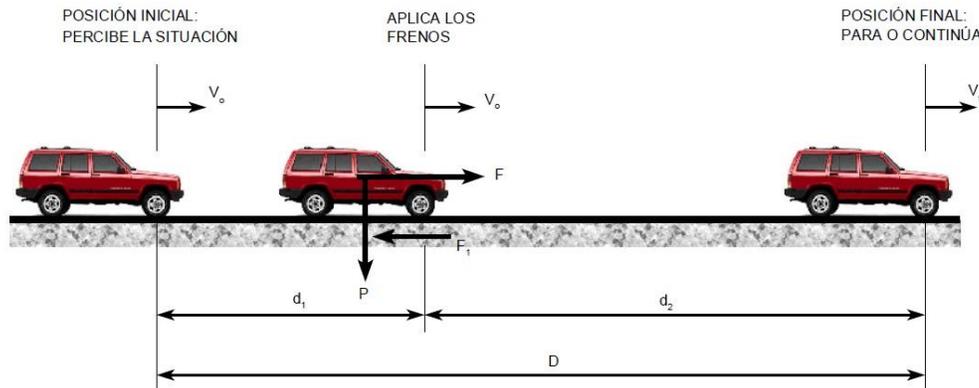
V = V_p ó V^* según lo definido

t = tiempo de percepción + reacción (s)

f_1 = Coeficiente de fricción longitudinal

i = Pendiente longitudinal (m/m)

Figura N° 2 Diagrama distancia mínima para Parar



El primer término de la expresión representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción + reacción (dt) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención junto al obstáculo (df).

En la tabla N° 5 presenta los valores parciales calculados mediante la expresión citada y el valor redondeado adoptado para Df . Todo ello considerando que V^* corresponde a la velocidad asignada al tramo y que los valores de “ t ” y “ f_1 ” se han actualizado de acuerdo a las tendencias vigentes a la fecha.

Tabla N°5 valor redondeado adoptado para Df $V=V_p$ o V^*

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 Diseño Geométrico ABC

La distancia de frenado que se utilizará en el “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**”, es el siguiente, de la tabla No 5, para una $V_p = 50$ km/h y un tiempo de percepción de 2 segundos $D_f = 52$ m

3.2.5.2 Distancia de Visibilidad para Pasar

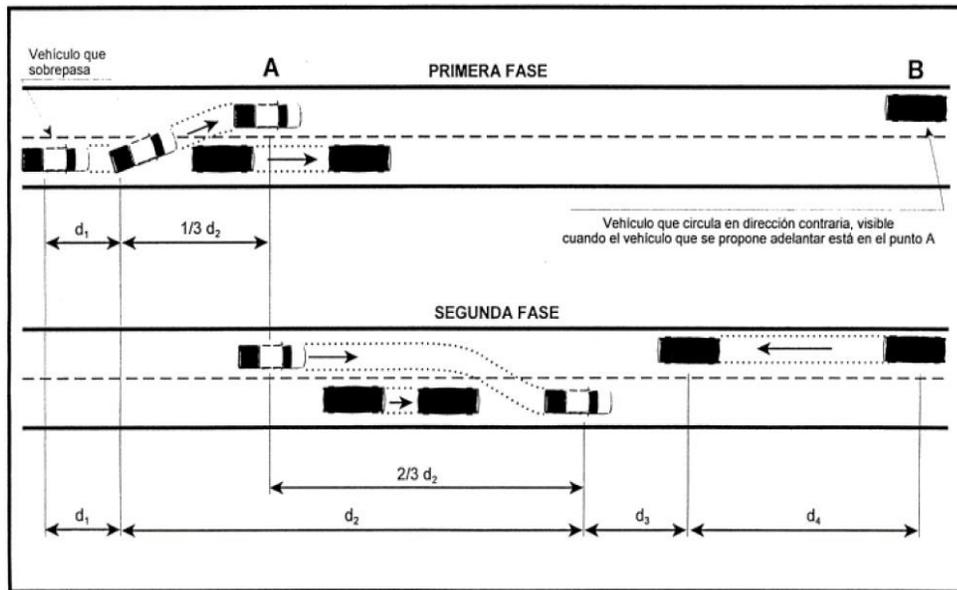
Se define como la mínima distancia requerida por el conductor de un vehículo para adelantar a otro vehículo que está a menor velocidad relativa, que circula en su mismo carril y dirección en condiciones cómodas y seguras.

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

En carreteras con carriles unidireccionales no será necesario considerar en el diseño el concepto de distancia de adelantamiento, bastando con diseñar los elementos para que cuenten con la visibilidad de frenado.

La línea visual considerada en este caso será aquella determinada por la altura de los ojos de uno de los conductores ($h_1 = 1.10$ m) en un extremo y la altura de un vehículo ($h_2 = 1.2$ m) en el otro.

Figura N° 3 Diagrama Distancia mínima para Pasar



En la tabla No 6 se muestran los valores mínimos de adelantamiento a considerar en el diseño como visibilidades adecuadas para adelantar. Las distancias de adelantamiento se dan en función de la Velocidad de proyecto V_p , considerando que difícilmente se intentarán maniobras de adelantamiento respecto de vehículos que circulan a velocidades mayores. En la carretera misma, las zonas de no adelantar se señalizarán en aquellas zonas con visibilidad adecuada para adelantar, los conductores actuarán en conformidad con la situación particular que enfrenten.

Tabla N° 6 Distancia Mínima de Adelantamiento, Efecto de Pendientes

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

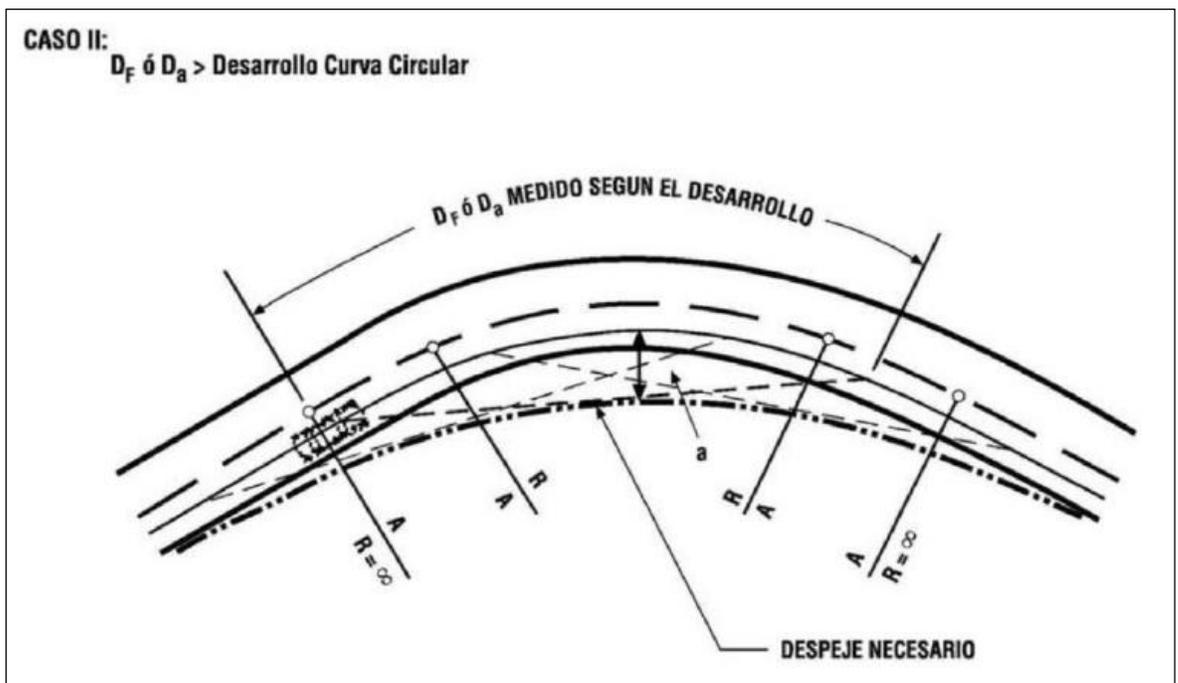
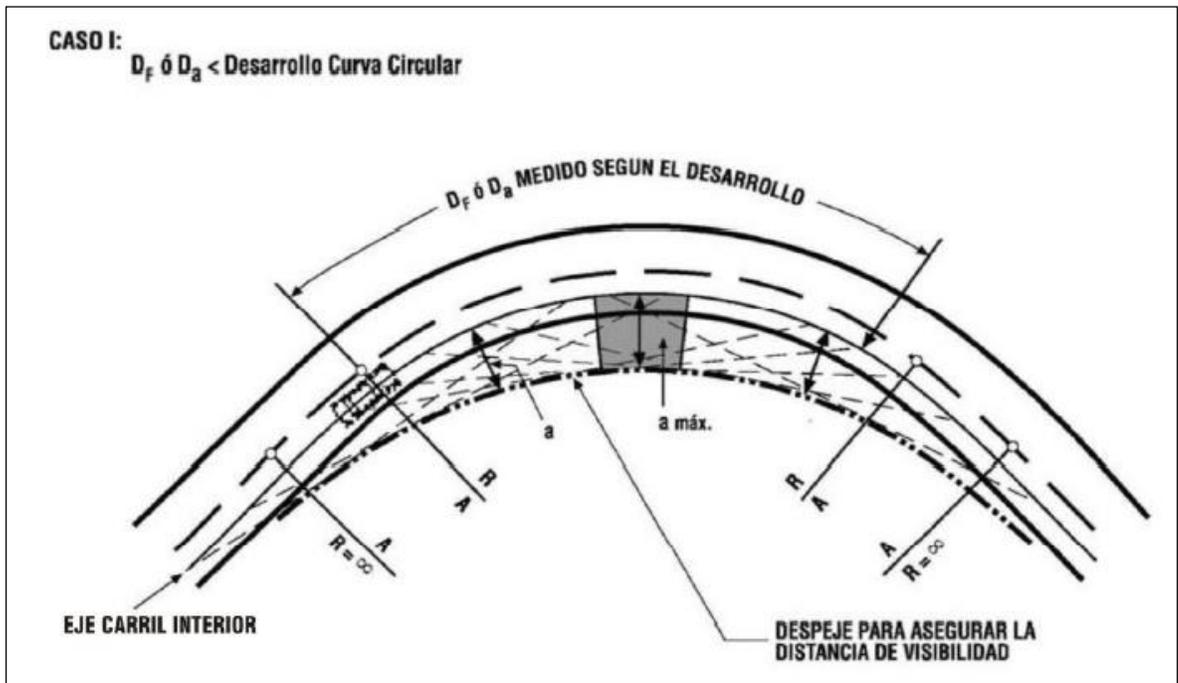
Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

La distancia de visibilidad de adelantamiento para el presente estudio “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino El Rosal – León Cancha**”, se adopta un valor de 300m

3.2.5.3 Distancia de Visibilidad en Curvas

La visibilidad en el interior de una curva horizontal puede estar limitada por obstrucciones laterales. La expresión analítica que se presenta a continuación permite calcular el despeje mínimo necesario en la parte central de la curva, pero hacia los extremos de ésta, el despeje disminuye, dando origen a un uso. La anterior es especialmente válida cuando la distancia de visibilidad requerida es mayor que el desarrollo de la curva o cuando existen curvas de transición entre la alineación recta y la curva circular. La siguiente figura muestra cómo mediante un polígono de visuales se puede determinar, para diversas secciones transversales, el despeje necesario medido a partir del radio que describe el conductor por el carril interior (derecha) de la calzada, en el caso de curvas a la derecha. En carreteras unidireccionales se podrá usar el mismo procedimiento pudiendo en ese caso también ser crítico el carril adyacente al cantero central (izquierdo), para curvas hacia la izquierda, si en el cantero central existen barreras camineras o arbustos.

Figura N° 4 Verificación en planta, visibilidad en curvas



Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

Para calcular el despeje lateral máximo requerido se deben considerar los dos casos que se ilustran.

- ⊕ I D_f o $D_a < \text{Desarrollo de la curva circular}$

⊕ II Df o Da > Desarrollo de la curva circular

En el caso I la zona sombreada ilustra el valor “a máx” requerido para lograr la visibilidad necesaria. Este valor puede ser calculado analíticamente a partir de la expresión:

$$a \text{ máx} = R \left[1 - \cos \left(\frac{100 \cdot Dv}{\pi \cdot R} \right) \right]$$

Siendo Dv igual a Df o Da según el caso bajo análisis y la función trigonométrica en grados centesimales.

La anterior expresión puede reemplazarse por: $a \text{ máx} = Dv^2/8 \cdot R$ que da resultados suficientemente aproximados para todos los efectos, cuando se calcula a máx, por condición de frenado o cuando se calcula a máx, para $R < Da$ en el caso de visibilidad de adelantamiento. El error que se comete está en todo caso por el lado de la seguridad.

La distancia entre el conductor y el borde del carril crítica de ancho normal, 3.5 o 3.0 m por la que éste circula, se indica en la siguiente tabla N° 7, para distintas situaciones. Considerando el sentido de circulación, son carriles críticos que requieren verificación, el carril derecho en curvas a la derecha, en calzadas bidireccionales y unidireccionales, y el carril izquierdo para curvas a la izquierda en calzadas unidireccionales (las adyacentes al cantero central).

Tabla N° 7 Distancia del Conductor al Borde del Carril Crítico DC(m)

TRAZADOS EN CAMPO ABIERTO -TERRAPLENES O CORTES CON TALUD ≤ 4V:1H			
CALZADAS BIDIRECCIONALES (n = 2)		CALZADAS UNIDIRECCIONALES (n ≥ 2)	
CARRILES 3,5 m	CARRILES 3,0 m	CARRILES 3,5 m	
2,0	1,75	2,0 C. Derecho	1,50 C. Izquierdo
TRAZADOS EN TUNELES O ADYACENTES A MUROS DE CONTENCIÓN O CORTES CON TALUD > 4v:1H (1) Y (2)			
CALZADAS BIDIRECCIONALES (n = 2)		CALZADAS UNIDIRECCIONALES (n ≥ 2)	
CARRILES 3,5 m	CARRILES 3,0 m	CARRILES 3,5 m	
2,20	1,95	2,35 C. Derecho	1,65 C. Izquierdo

(1) El “Efecto Pared” de los paramentos adyacentes hace que el conductor deje una distancia algo mayor al borde del Carril Crítico, que la que deja en Campo Abierto, efecto más notorio aún en carriles con flujo unidireccional.

(2) Si adyacente al Carril Crítico existe una Berma o Acera que individualmente o en conjunto posean un ancho mayor que 1,5 m el Efecto Pared deja de operar y se empleará el “dc” correspondiente a Campo Abierto.

Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

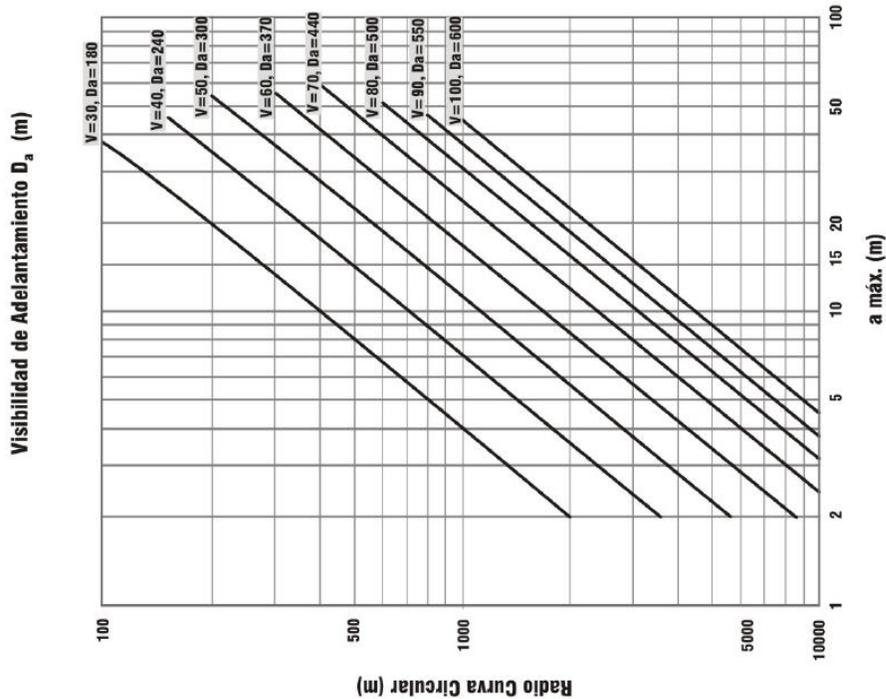
La distancia libre entre el radio que describe el conductor y el obstáculo deberá ser tal que:

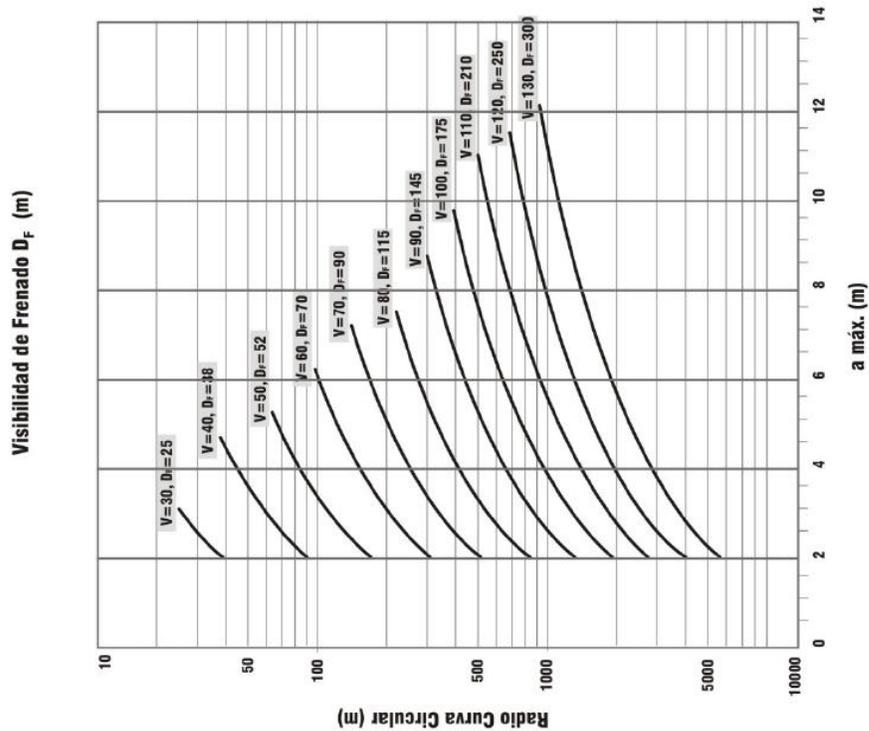
$$D_c + \text{borde carril crítico al obstáculo} \geq a_{\text{máx}} \text{ (m)}$$

El espacio entre el borde del carril crítico y el obstáculo se obtendrá sumando los anchos de los siguientes elementos, cuando ellos existan: Sobreancho de carriles normales y aceras en túneles, sobreancho en curvas, bermas, SAP, cuneta y cualquier otro espacio libre de obstáculos, hasta alcanzar la posición del elemento que obstruye la visión.

Los siguientes ábacos entregan la solución gráfica de la expresión exacta. Los valores de allí obtenidos servirán para verificar si una curva en particular provee o no la distancia de visibilidad requerida. Lo anterior es válido tanto para el caso I como para el caso II, ya que, en este último, el despeje requerido es siempre menor que el $a_{\text{máx}}$ del caso I.

Figura N° 5 Despeje Lateral requerido por visibilidad de Frenado o Adelantamiento





Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

Cuando el obstáculo lateral está constituido por el talud de un corte y la rasante presenta pendiente uniforme, se considerará que la línea de visual es tangente a éste, a una altura sobre la rasante igual a la semi suma de la elevación de los ojos del conductor y del obstáculo; según el caso dicha altura será:

- 0.65 m para visibilidad de frenado
- 1.15 m para visibilidad de adelantamiento

Cuando una curva horizontal coincide con una curva vertical convexa, será necesario trabajar simultáneamente con los planos de planta y perfil longitudinal. En efecto, la línea de visual trazada en el perfil longitudinal para estaciones correspondientes de la planta, permitirá conocer la altura sobre la rasante que habrá de proyectarse al talud de corte.

3.3 Diseño Geométrico

El diseño geométrico de carreteras es la parte más importante del proyecto de una carretera estableciendo, en base a las condicionantes y factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto que supone, para satisfacer al máximo los objetivos de funcionalidad, seguridad, comodidad, integración en su entorno, armonía o estética, economía y elasticidad, de la vía. Las distintas materias se tratan en términos de un instructivo que establece procedimientos y límites normativos. Ello implica analizar y detallar suficientemente los fundamentos de los procedimientos, límites normativos y recomendaciones que el volumen contiene.

3.3.1 Reconocimiento de Campo

Con los croquis elaborados se inicia el trabajo de reconocimiento en campo, es decir el examinar en forma general las zonas de terreno y lugares importantes a considerar.

La finalidad del reconocimiento en campo es la de descubrir los puntos obligados, y poder obtener datos complementarios para poder constatar los problemas planteados en los croquis correspondientes y la necesidad de realizar en la zona mediciones o estudios adicionales.

El reconocimiento general se realizó recorriendo la totalidad del camino, llevando solamente instrumentos adecuados para poder tener valores de algunas características del terreno.

Además, en el reconocimiento de campo se identifica las diferentes obras de arte menor y mayor existentes, como ser alcantarillas, badenes, etc.

3.3.2 Trazo Preliminar

El trazo preliminar de una carretera desde el punto de vista de planimétrico es aquel que tiene un alineamiento definido en rectas o tangentes que pueden tener diferentes orientaciones, dando lugar a puntos de quiebres denominados PI, donde se hace un cambio de dirección y da lugar a un ángulo de deflexión horizontal entre dos tangentes, que deben ser enlazadas por curvas horizontales.

Para la definición del trazo preliminar se deben establecer trazos de alternativas entre el punto inicial y el punto final, que tengan comparados bajo los siguientes factores

- Longitud
- Pendiente
- No de obras de arte
- Tipo de suelo

3.3.3 Alineamiento Recto

Salvo en zonas desérticas o estepas, los grandes alineamientos rectos no se dan en forma natural. Pretender incorporarlos al trazado implica por lo general movimientos de tierra innecesarios. En muchos casos puede reemplazarse con ventaja un alineamiento recto de radios comprendidos entre 5000 y 7500 metros.

3.3.3.1 Longitud Máxima en Recta

Se procurará evitar 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

La longitud máxima de recta para el presente proyecto “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**”, se calcula para una velocidad de proyecto de 50 km/h un valor de 1000m

Cuadro N° 7 Longitud Máxima de Recta

Longitud Maxima de Recta $L_r(m)$	$L_r=1000$ m
--------------------------------------	--------------

Fuente: Elaboración Propia

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

3.3.3.2 Longitud Mínima 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.

● 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 segunda curva.

b) En las recuperaciones o cambios de estándar, se podrán aceptar tramos rectos intermedios de una longitud no mayor que:

$$Lrs \max = 0.08 * (A_1 + A_2)$$

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, 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:

Tabla N°8 Lr Mínimo Entre Curvas del Mismo sentido

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 Diseño Geométrico ABC

$$Lr \text{ mín} = 1.4 * Vp$$

La longitud mínima entre curvas para el presente proyecto “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**”, se calcula para una velocidad de proyecto de 50 km/h

Cuadro N° 8 Longitud Mínima entre Curvas

Longitud Mínima entre curvas de Recta Lr(m)	Lr=70 m
---	---------

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Trazo de Curvas Horizontales

En el diseño de curvas horizontales se deben considerar dos casos

- Tangente seguida por su curva horizontal
- Alineamiento compuesto por tangente, curva horizontal y vertical

En la siguiente figura se ilustran los diversos elementos asociados a una curva circular, 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 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; distancias desde el vértice al punto medio, MC, del arco de círculo (m).

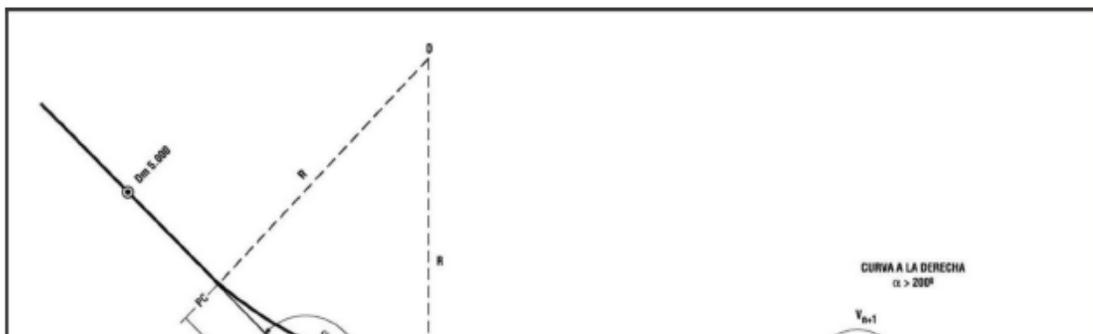
D: Desarrollo; longitud del arco de círculo entre los puntos de tangencia PC y FC (m)

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

E: Ensanche; sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el mayor ancho

ocupado por un vehículo al describir una curva.

Figura N° 6 Elementos de Una Curva Horizontal



Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

3.4.1 Curvas con Arcos de Transición

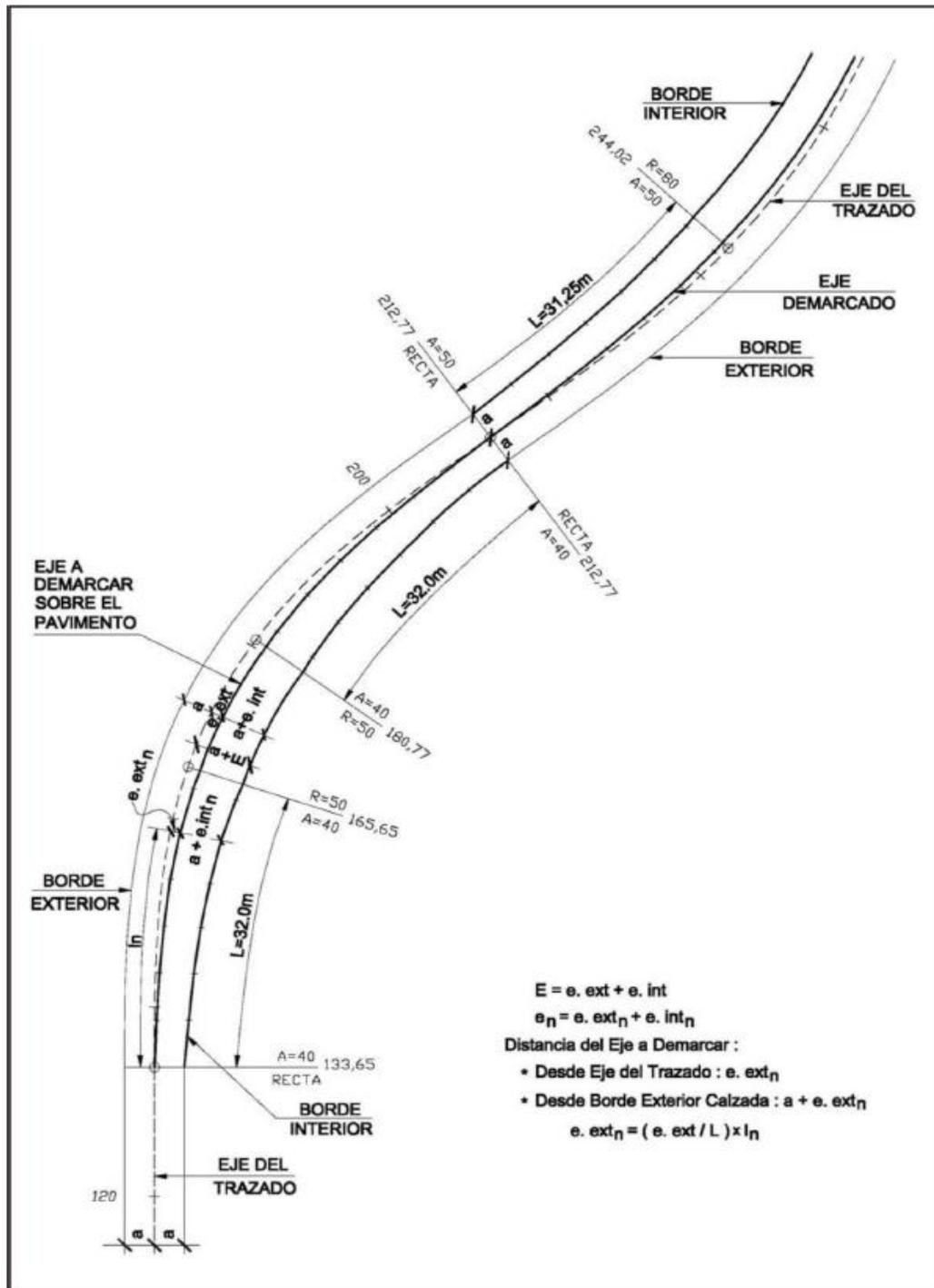
La incorporación de elementos de curvatura variable con el desarrollo, entre recta y curva circular o entre dos curvas circulares, se hace necesaria en carreteras y caminos por razones de seguridad, comodidad y estética.

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

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.

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

Figura N°7 Transición del Sobre ancho a lo largo de la curva de enlace



Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

3.4.2 Elementos Arco de Enlace en 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 siguiente figura, 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 infinito.

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’

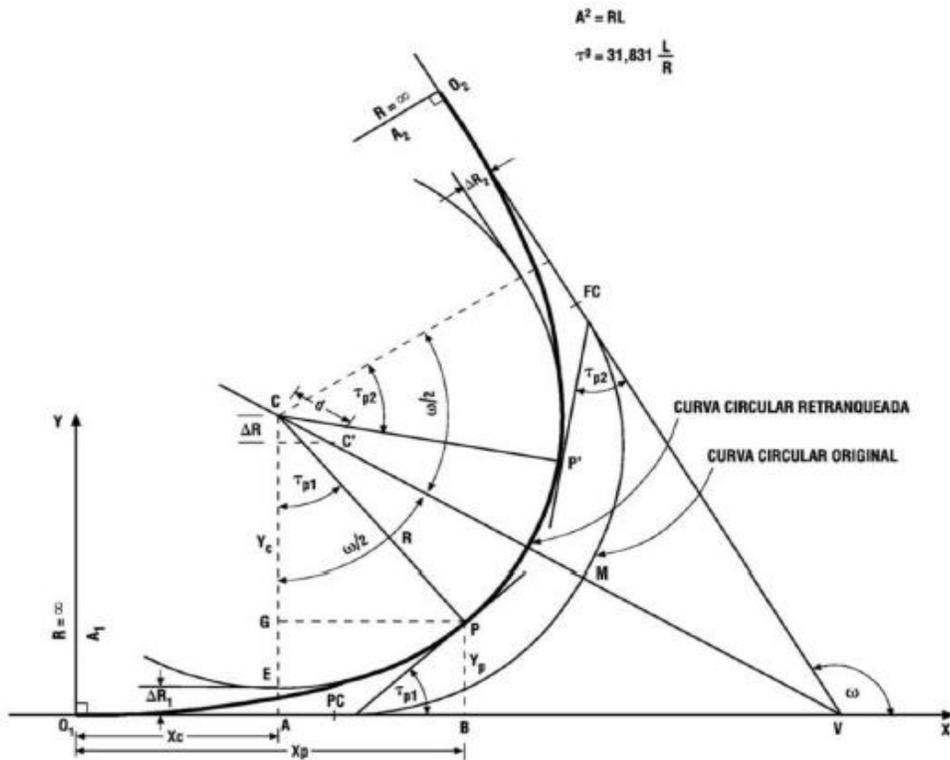
Tabla N° 9 Longitudes de Transición según Sobrelevación

Peralte	Longitud de Transición y Velocidades de Diseño Km/h							
	40	50	60	70	80	90	100	110
	Carriles de 3.60 metros							
0.02	25	30	35	40	50	55	60	65
0.04	25	30	35	40	50	55	60	65
0.06	35	35	40	40	50	55	60	65
0.08	45	45	50	55	60	60	65	70
0.10	55	55	60	65	75	75	80	85
0.12	65	65	75	80	90	90	95	105
	Carriles de 3.00 metros							
0.02	25	30	35	40	50	55	60	65
0.04	25	30	35	40	50	55	60	65
0.06	30	30	35	40	50	55	60	65
0.08	35	40	40	45	50	55	60	65
0.10	45	45	50	55	60	65	70	75
0.12	55	55	60	65	75	75	80	85

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 179

La longitud de transición para el presente proyecto “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**”, se adopta 40m

Figura N°8 Elementos del conjunto arco de enlace de una curva circular



$$A^2 = RL$$

$$\tau^2 = 31,831 \frac{L}{R}$$

CLOTOIDES SIMÉTRICAS:

$A_1 = A_2 = A$; $\tau_{p1} = \tau_{p2} = \tau$, y todos los elementos función de A y τ , son iguales.

$$CE = CP = C'M = R$$

$$\text{RETRANQUEO: } \Delta R = EA = (PB - GE)$$

$$\Delta R = Yp - R (1 - \cos \tau p)$$

$$\text{RETRANQUEO CENTRO: } d = \overline{CC'} = \Delta R / \cos \frac{\omega}{2}$$

$$\text{ORIGEN CURVA ENLACE: } OV = Xp + AV - AB$$

$$OV = Xp + (R + \Delta R) \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} - R \operatorname{sen} \tau p$$

$$\text{COORDENADAS DE C: } Xc = Xp - R \operatorname{sen} \tau p$$

$$Yc = Yp + R \cos \tau p = R + \Delta R$$

$$\text{DESARROLLO CIRCULAR: } \widehat{PP'} = R \cdot (\omega - 2 \tau p) / 63,662$$

CLOTOIDES ASIMÉTRICAS:

$A_1 \neq A_2$; $\tau_{p1} \neq \tau_{p2}$, y todos los elementos se calculan en función del respectivo A, τ_p .

Además:

$$O_1V = X_{p1} + (R + \Delta R_1) \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} - R \operatorname{sen} \tau_{p1} + (\Delta R_2 - \Delta R_1) / \operatorname{sen} \omega$$

$$O_2V = X_{p2} + (R + \Delta R_2) \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} - R \operatorname{sen} \tau_{p2} - (\Delta R_2 - \Delta R_1) / \operatorname{sen} \omega$$

$$\widehat{PP'} = R \cdot (\omega - \tau_{p1} - \tau_{p2}) / 63,662$$

Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

3.5 Perfil Longitudinal

Las cotas del 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 del Proyecto.

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.

Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance de la distancia acumulada (D_m), siendo positivas aquéllas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

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. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto. En todo punto de la carretera debe existir por lo menos la Visibilidad de Frenado que corresponda a la V^* del tramo.

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

El sistema de cotas del proyecto se referirá en lo posible al nivel medio del mar, para lo cual se enlazarán los puntos de referencia del estudio con los pilares de nivelación del Instituto Geográfico Militar.

3.5.1 Pendiente Máxima

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

Tabla N°10 Pendientes máximas según la categoría del camino

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

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

Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

En camino de alta montaña, cuando se superan los 2.500 m sobre el nivel del mar, la pendiente máxima deberá limitarse según la siguiente Tabla No 11

Tabla N°11 Pendientes máximas para caminos de montaña

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 Diseño Geométrico ABC

La Pendiente longitudinal Máxima utilizada para el presente proyecto “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**”, se adopta en 8%, por ser un camino de montaña y su altura se encuentra por encima de los 2000 m.s.n.m.

3.5.2 Pendiente Mínima

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.

3.5.3 Proyecto de la Sub Rasante

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.

La siguiente figura 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 sea tangente a las rasantes a enlazar, en los mismos puntos que la parábola de segundo grado. La parábola y la curva circular mencionadas son en la práctica muy semejantes, tanto así que el cálculo teórico de la curva de enlace requerida por concepto de visibilidad se hace en base a la curva circular, en tanto que el proyecto y replanteo se ejecuta en base a la parábola.

Bajo las circunstancias descritas el desarrollo de la curva vertical de enlace queda dado por:

$$L_v = R \cdot \theta = R \cdot (i_1 - i_2) ; \text{ donde } i_1 \text{ y } i_2 \text{ están expresados en m/m}$$

Adoptando la nomenclatura correspondiente a la parábola de segundo grado, el radio R pasa a llamarse “ K ” que corresponde al parámetro de esta curva.

Finalmente, dentro del rango de aproximaciones aceptadas, el desarrollo de la curva de enlace se identifica con:

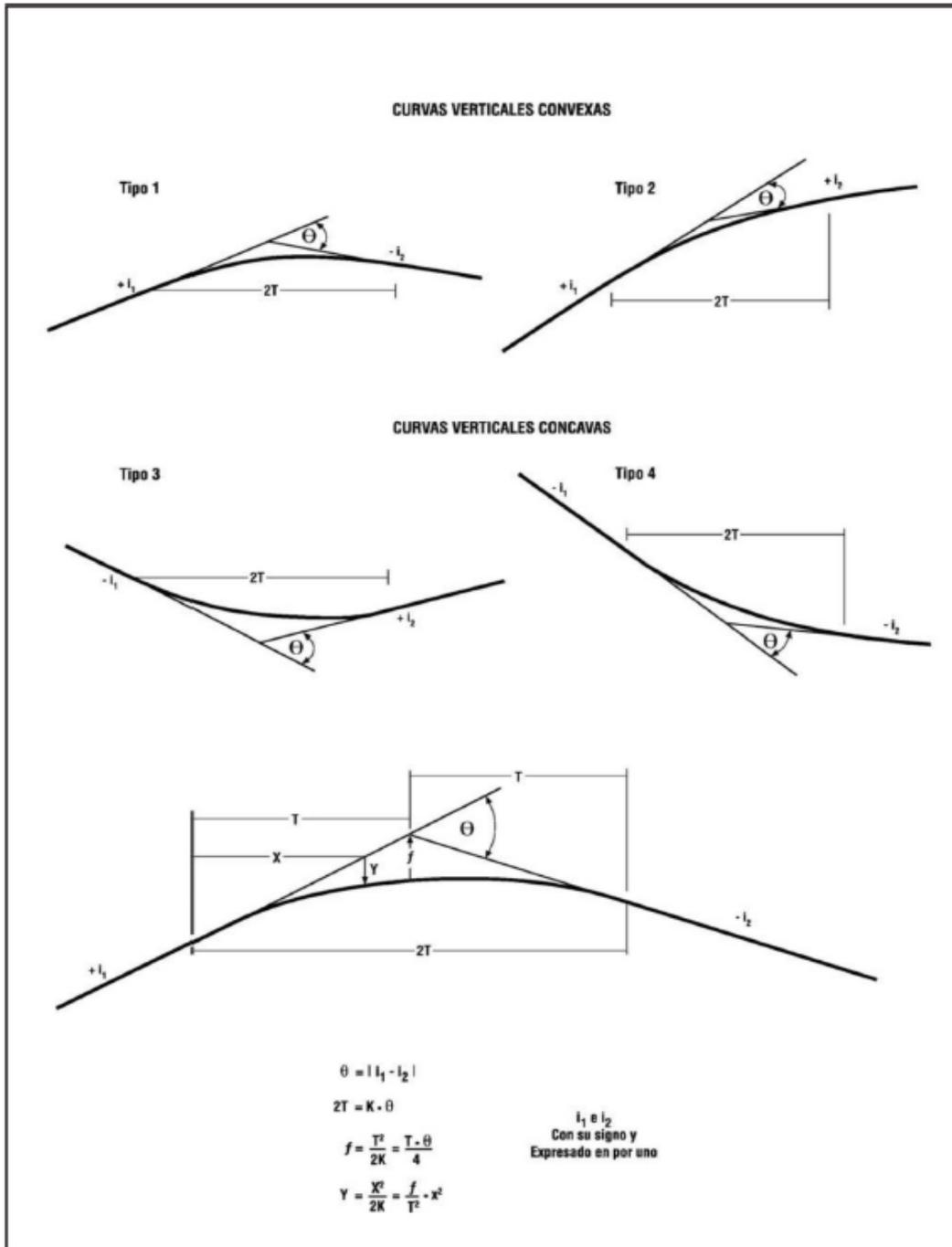
$$L_v = 2 \cdot T$$

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 vale:

$$3 \quad \cdot T = K \cdot \theta = K \cdot (i_1 - i_2)$$

Figura N° 9 Enlace de Rasantes en Curvas Verticales



Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

3.5.4 Parámetros Mínimos por Velocidad de Frenado

- **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:

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

K_v = Parámetro Curva Vertical Convexa (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

Luego:

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

- **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:

$$K_c = Df^2 / 2(h + Df \operatorname{sen} \beta)$$

K_c = Parámetro Curva Vertical Cóncava (m)

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

h = Altura Focos del Vehículo = 0,6 m

β = Ángulo de Abertura del Haz Luminoso respecto de su Eje = 1°

Luego:

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

En la siguiente tabla se resumen los valores de K_v calculados según la expresión precedente considerando Df para $V^* = V_p$ y los valores adoptados para K_v si $V^* = V_p$

+ 5 ó $V_p + 10$, los que están minorados dentro de límites de seguridad razonables. Los valores de K_c se calculan sólo en función de V_p . Para velocidades de 50 km/h y menores, los valores de la Tabla N° 12, se han incrementado respecto de los valores teóricos dados por las expresiones de cálculo, ello con el objeto de no sobrepasar las aceleraciones radiales en vertical, máximas recomendables, que experimenten los usuarios.

Tabla N° 12 Valores de K_v y K_c en Curvas Verticales

Velocidad de Proyecto V_p (km/h)	CURVAS CONVEXAS K_v			CURVAS CONCAVAS K_c
	$V^* = V_p$ km/h	$V^* = V_p + 5$ km/h	$V^* = V_p + 10$ km/h	V_p km/h
30	300	300	300	400
40	400	500	600	500
50	700	950	1100	1000
60	1200	1450	1800	1400
70	1800	2350	2850	1900
80	3000	3550	4400	2600
90	4700	5100	6000	3400
100	6850	7400	8200	4200
110	9850	10600	11000	5200
120	14000	15100	16000	6300

Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

3.5.5 Longitud Mínima de Curvas Verticales

Por condición de comodidad y estética, la longitud mínima de las curvas verticales está dada por:

$$2 \cdot T(m) \geq |V_p (km/h)|$$

Es decir, el desarrollo mínimo de la curva vertical será el correspondiente al número de metros que representa la velocidad de proyecto de la carretera, expresada en Km/h. En los casos en que la combinación parámetro mínimo ángulo de deflexión θ no cumple con esta condición de desarrollo mínimo, se determinará el parámetro mínimo admisible a partir de:

$$K = 2 \cdot T_{\text{mínimo}} / \theta = V_p / \theta$$

3.6 Secciones de Construcción

Completando el carácter tridimensional de una carretera se encuentra la sección transversal, ubicada según un plano perpendicular a la superficie vertical que contiene el eje de la carretera.

La sección transversal está determinada en su geometría, inicialmente, por la función que prestará la vía y por las características del trazado en planta, razón por la cual la sección transversal varía en sus dimensiones de un punto a otro de la ruta. Otros elementos que determinan la sección transversal son el paquete estructural y la cuneta, que es este estudio no se tomará en cuenta el paquete estructural.

En los siguientes acápites se definen las dimensiones generales de los elementos que componen la carretera para una sección normalizada o tipo.

La sección transversal por definición son las características de una carretera terminada en su sección transversal, donde los componentes más usuales son:

3.6.1 Ancho de la Calzada

Tantas recomendaciones de las normas nacionales como internacionales respecto a los anchos de carril y bermas para diferentes tipos de caminos. En el caso particular de este proyecto se tomó en cuenta las especificaciones y continuación del ancho de calzada de un proyecto aprobado, con la finalidad es de dar continuación a la ruta departamental en un futuro, obteniéndose un ancho de calzada de 6 m. con 1m de ancho de bermas.

De acuerdo a la norma de la ABC. para una categoría de Local III con topografía según la tabla N°16, con topografía montañosa y velocidad de diseño igual a 50Km / h, se determina que tiene que usarse un ancho mínimo de calzada igual a 6 metros.

Se define como calzada la parte del camino destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por dos carriles de 3.0 m.

$$\checkmark \text{ Ancho de calzada} = 6.0 \text{ m}$$

El ancho y el estado de la superficie de la calzada tienen gran influencia en la seguridad y confort del usuario del camino.

El ancho de la calzada en las carreteras bidireccionales con dos carriles queda determinado por la distancia existente entre bermas, la mitad de este espacio corresponderá a cada carril. En el cuadro siguiente muestra los anchos de carril o pistas sugeridos por la norma.

Cuadro N°9 Ancho de Plataforma para un terraplén a nivel de rasante

Número de calzadas	Categoría	Velocidad de proyecto (km/hr)	Ancho de pistas (m)
1 – Bidireccional	Local III	50	3,00 - 3,50

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC

Para el presente proyecto “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**”, se adopta en de acuerdo a la categoría del camino Local III, el siguiente ancho de calzada.

Ancho de calzada = 6,00 m.

Ancho de carril = 3,00 m.

3.6.2 Berma

Las bermas son segmentos de la plataforma que se encuentran a los lados de la calzada. La berma presta protección de la erosión e inestabilidad al pavimento y sus capas inferiores, permite la detención ocasional de vehículos, mejora la capacidad de la vía y ofrecen un espacio adicional en caso de maniobras de emergencia.

La berma para cumplir las funciones citadas debe tener un ancho constante, permanecer libre de objetos y estar convenientemente compactada. La berma puede o no ser construida con el mismo material que la calzada.

Cuando la calzada sea de concreto asfáltico, la berma podrá ser constituida por una prolongación de esta, con el mismo espesor o con uno reducido. La berma podrá materializarse también con un tratamiento simple de no menos 0,03 cm.

Cuadro N° 10 anchos de berma recomendados por la norma.

Número de calzadas	Categoría	Velocidad de proyecto (km/hr)	Ancho de berma (m)
1 – Bidireccional	Local	50	0,50 – 1,00

Fuente: Manual de Diseño Geométrico ABC

El ancho de berma utilizada para el presente proyecto “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino El Rosal – León Cancha**”, es de 0.50 m

3.6.3 Bombeo

Con el objeto de drenar las aguas superficiales de la calzada estas deben ser provistas de una pendiente transversal mínima, “bombeo”; este puede materializarse de distintas maneras, a una sola agua o a dos aguas.

La elección del valor del bombeo está determinada por el tipo de superficie de rodadura de la obra y las condiciones climáticas.

Las condiciones climáticas son determinadas en base a la intensidad de una precipitación de una hora de duración para un periodo de retorno de 10 años determinado en estudio hidrológico y que sea representativo de la zona de ubicación del proyecto

CuadroN°11 valores de bombeo recomendados por la norma.

Tipo de superficie	Pendiente Transversal (%)	
	(I' 10) ≤ 15 mm/hr	(I' 10) > 15 mm/hr
Ripiado	2,00	2,50

Fuente: Manual de Diseño Geométrico, “ABC”

Para el presente proyecto “**Estudio de Ingeniería Mejoramiento de Camino Tramo El Rosal – León Cancha**”, se proyecta pendiente de bombeo equivalente a $b = -2.5\%$

Debido a que el eje de simetría del proyecto se ha ubicado a la mitad de la calzada, en consideración a los dos carriles, se tendrá por lo tanto un drenaje superficial a dos aguas.

3.6.4 Sobre ancho de la Plataforma (SAP)

El sobre ancho de la plataforma es el segmento de la plataforma que se encuentra adyacente a la berma, cuya finalidad es la confinar las capas sub base y base del pavimento, consiguiendo que el borde de la berma tenga el mismo grado de compactación especificado para las capas del pavimento, se consigue de esta manera una mayor protección contra la erosión y mejora las condiciones de estabilidad del pavimento.

Otra de las ventajas de este segmento de carretera es la de permitir la colocación de otros elementos complementarios de la carretera, tal el caso de la señalización vertical, barreras de seguridad, bordillos, etc. No es necesaria la protección del SAP con el material de la calzada o berma.

En secciones en corte cuando la cuneta esté revestida el sobre ancho de la plataforma puede ser prescindido. En el cuadro siguiente indica el ancho sugerido por la norma.

Cuadro N° 12 Sobre ancho de la plataforma (SAP)

Número de calzadas	Categoría	Velocidad de proyecto (km/hr)	Ancho SAP (m)
1 – Bidireccional	Local	50	0,50

Fuente: Manual de Diseño Geométrico, “ABC”

3.7 Resumen de Parámetros de Diseño

El “Manual de Diseño Geométrico” establece una serie de criterios y requisitos mínimos que la carretera, de acuerdo a la función para la que fue concebida y a las condiciones del terreno, debe poseer a fin de brindar la mayor eficiencia posible al flujo vehicular y las máximas condiciones de seguridad y confort.

En el desarrollo del presente documento se han analizado todos los requisitos exigidos por la normativa actual, revisando los parámetros que corresponden a cada uno de los elementos que configuran la geometría espacial de una carretera y otros aspectos relacionados con la seguridad de la vía.

Determinando de esa manera los parámetros de diseño que fueron adoptados para el proyecto, estos son mostrados en la Tabla siguiente; se han respetado las exigencias efectuadas.

Tabla N° 13 Resumen de parámetros de diseño

CARACTERÍSTICA	PARÁMETRO
Categoría de la carretera	Local (III)
Volumen de tránsito (T.P.D.A) (20 años)	155
Control de accesos	Control Parcial
Calzada	1 (Bidireccional)
Carril	2 carriles
Topografía	Ondulada
Velocidad de proyecto (km/h)	50
Peralte máximo (%)	7,00
Radio mínimo absoluto (m)	80
Parámetro normal de curva de transición (m)	40.00
Pendiente máxima en rectas (%)	7,00
Distancia mínima de visibilidad de frenado (m)	52 / 60 / 70
Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	300 / 370
Parámetro K en curvas convexas (m)	11
Parámetro K en curvas cóncavas (m)	11
Ancho de la calzada (m)	6,00
Ancho de carril (m)	3,00
Pendiente sección transversal (%)	2,50
Ancho de bermas (a cada lado) (m)	0.50
Pendiente en bermas (%)	2,00 / “e”
Sobre ancho de la plataforma (SAP) (m)	0,50
Ensanche en curvas horizontales (m)	3.10 a 0,25
Gálibo vertical mínimo (m)	5.5
Ancho de cuneta (m)	1,15

Fuente: Elaboración Propia

3.8 Determinación de los Volúmenes en Movimiento de Tierras

Para determinar el volumen de movimiento de tierra que interviene para una rasante dada, se toman perfiles transversales a intervalos regulares a lo largo de rasante. En general las secciones transversales están separadas cada 10 metros, aunque a veces se aumenta esta distancia para la ingeniería preliminar.

Estas secciones transversales se obtienen al graficar el nivel del terreno y la rasante propuesta para la vía, a lo largo de una línea perpendicular a la rasante para indicar las áreas de excavación y las áreas de terraplén. En la Figura 6 se muestran tres tipos de sección transversal. Cuando el cálculo se hace manualmente, las secciones transversales se grafican en papel estándar para secciones transversales, generalmente a una escala de 1:200 en direcciones horizontal y vertical, respectivamente. Entonces se determinan las áreas de corte y de terraplén para cada sección transversal. Entonces se calcula el volumen de movimiento de la tierra a partir de las áreas de las secciones transversales y de las distancias entre estas secciones.

Un método común para determinar el volumen es el del promedio de las áreas extremas consecutivas, es el promedio de sus áreas multiplicado por la distancia entre aquéllas, tal como se da en la siguiente ecuación.

$$V = \frac{L}{2} * (A_1 + A_2)$$

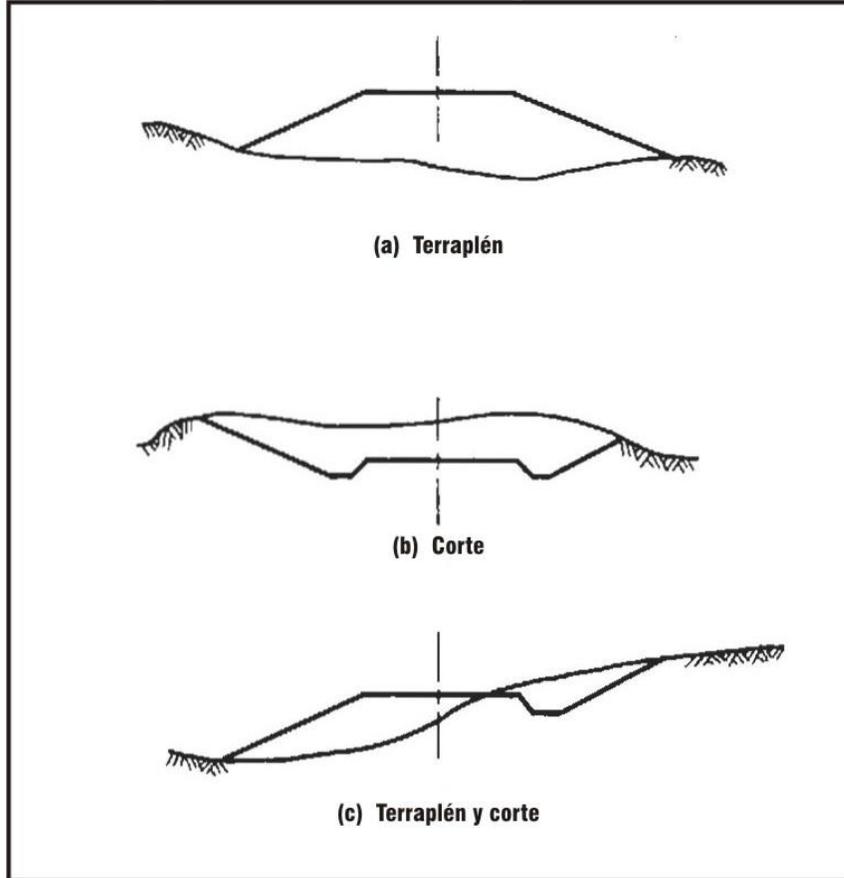
Donde

V = volumen (m³)

A1 y A2 = áreas extremas (m²)

L = distancia entre las secciones transversales (m)

Figura N° 10 Tipos de sección transversal para un cálculo de Volúmenes

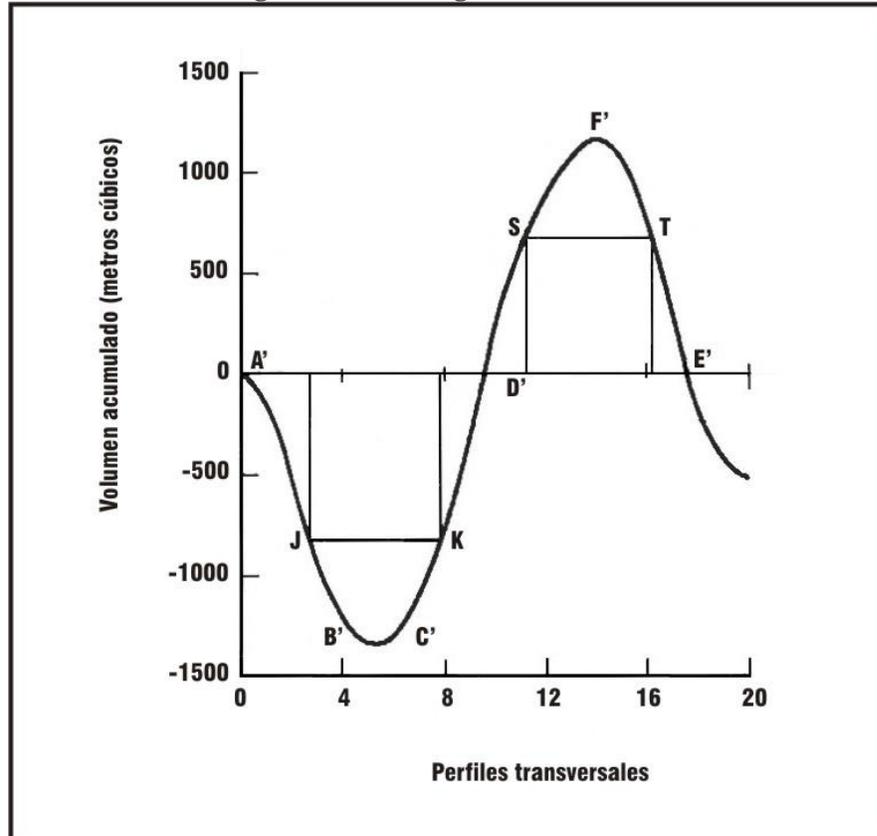


Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

3.8.1 Diagrama de Masas

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 cualquiera. La ordenada del diagrama de la curva masa es la acumulación neta en m³ desde un punto inicial arbitrario. Entonces, la diferencia de ordenadas entre dos perfiles transversales cualquiera, representa la acumulación neta de corte o de relleno entre estos perfiles transversales, si se considera que el primer perfil transversal del camino es el punto inicial, entonces la acumulación neta en este perfil transversal es cero.

Figura N° 11 Diagrama de Masas



Fuente: Manual Diseño Geométrico ABC

3.9 Hidrología

Este análisis se realizó a través del estudio probabilístico de las precipitaciones máximas diarias que se tiene en la estación de trancas que es la más cercana a las comunidades del Rosal, y a partir de ellas se trazaron las curvas de intensidad, duración y frecuencia y de esta manera calcular el escurrimiento máximo para diferentes probabilidades de ocurrencia.

El cálculo se lo realizó por medio de la ley Gumbell modificada que obedece a la siguiente relación:

$$h_{dT} = E_d \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta (1 + K_d \log T)$$

Donde:

H_{dT} = Lluvia máxima diaria para un periodo de retorno T, en (mm.)

E_d = Moda, en (mm.)

K_d = Característica de la distribución

T = periodo de retorno en años

$$hd_T = Ed_{pond} \left(\frac{t}{12} \right)^{0.2} * (1 + Kd_{pond} * \log(T))$$

Donde:

t = tiempo en horas

β = Exponente que varía entre 0.2 y 0.3

α = tiempo correspondiente a la lluvia diaria (12 hs.)

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HR (mm)

$$Kd = \frac{\sigma}{0.557 * Ed}$$

$$Ed = \bar{X} - 0.455 * \sigma$$

Cuadro N° 13 Estaciones Climatológicas y Pluviométricas

Estacion	Latitud (S)	Longitud (W)	Altitud (m.s.n.m)	Tipo de Estacion	Periodo de Registro
LEON CANCHA	21°18'29"	64°42'55"	2729	Climatologica	1976-2016
TRANCAS	21°10'42"	64°48'57"	2198	Climatologica	1984-2016
CAMPANARIO	21°30'45"	64°58'32"	3460	Climatologica	1988-2017

Fuente: Elaboración Propia

Se utilizó los datos de tres estaciones cercanas, se recurrió a modelos hidrológicos de precipitación - escurrimiento para la determinación de los caudales de crecida. Estos modelos probabilísticos de las precipitaciones máximas diarias son aplicados a la hidrología en los sitios de interés, de este modo es posible determinar escorrentías superficiales mensuales y anuales, así como de los caudales máximos que, con asignada probabilidad, se podrán determinar para los cauces que atraviesan el trazo del camino. En el cuadro N°14 muestra los datos de precipitaciones máximas horarias de una serie histórica.

Cuadro N°14 Precipitaciones máximas horarias

AÑO	TRANCAS	LEON CANCHA	CAMPANARIO
1977	*****	40.2	*****
1978	*****	40.9	*****
1979	*****	26.1	*****
1980	*****	40.1	*****
1981	*****	29.0	*****
1982	*****	43.0	*****
1983	*****	*****	*****
1984	56.0	34.0	*****
1985	*****	25.0	*****
1986	*****	21.0	*****
1987	105.0	20.6	*****
1988	*****	20.6	*****
1989	45.5	20.6	19.8
1990	60.1	24.3	28.6
1991	*****	30.6	27.6
1992	50.0	34.0	31
1993	91.2	37.3	31.2
1994	49.0	38.5	60.9
1995	70.4	36.4	28.1
1996	49.3	38.3	35.2
1997	100.5	42.5	*****
1998	41.4	28.5	*****
1999	66.2	67.6	27.1
2000	72.0	42.1	34.1
2001	99.0	34.3	23.4
2002	55.8	42.0	33.7
2003	80.8	46.2	33.2
2004	50.1	47.0	17
2005	53.7	28.3	29.6
2006	54.0	36.5	37.7
2007	62.0	62.2	32.3
2008	60.1	38.1	25.7
2009	69.3	26.2	26.5
2010	102.1	26.1	31.8
2011	87.5	43.4	49.7
2012	61.5	37.3	29.2
2013	55.1	42.5	14.8
2014	39.8	36.4	27.6
2015	79.5	38.3	31
2016	47.0	34.0	28.6

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI

Cuadro N°15 Cálculos parámetros hidrológicos

MEDIA	66.00	35.90	30.59
DESV.	19.40	10.20	9.12
VARIANZA	376.50	103.94	83.18
MODA (E)	57.26	31.31	26.49
E*nro	1660.68	1221.07	688.69
CARACT.(K)	0.61	0.58	0.62
K*Nro	17.64	22.80	16.07
Nro Datos	29.00	39.00	26.00

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de los valores ponderados

Moda Ponderada
$$Ed = \frac{\sum E_i * n_i}{\sum n_i} \longrightarrow Ed=37.984$$

Característica Ponderada
$$Kd = \frac{\sum K_i * n_i}{\sum n_i} \longrightarrow Kd=0.601$$

Cálculo de la altura de lluvia para diferentes periodos de retorno

Cuadro N°16 Cálculo alturas de lluvia

PERIODO DE RETORNO [años]	ALTURAS DE LLUVIA [mm]
10	60.819
25	69.907
50	76.781
100	83.655

Fuente: Elaboración Propia

Las lluvias máximas deben ser de corta duración o sea deben ser menores a las 24 hrs, para lo cual se acude a la ley de GUMBEL MODIFICADA para un periodo de retorno T, y un tiempo de duración t, el cual está definido por la siguiente expresión.

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

Ed = Moda Ponderada

Kd = Característica Ponderada

T = Periodo de Retorno

Siendo:

hdt = Altura de lluvia Máxima Diaria

t = Tiempo de Duración de la Lluvia

β = es una constante que en nuestro medio se adopta 0.2

α = equivalente de la lluvia que depende la magnitud de la cuenca

para $\alpha \geq 20 \text{ Km}^2$ $\alpha = 12$

para $\alpha \leq 20 \text{ Km}^2$ $\alpha = 2$

Cuadro N°17 LLuvias máximas horarias para diferentes periodos de retorno y duraciones de lluvia

PERIODO DE RETORNO [años]	DURACION DE LLUVIAS EN [horas]					
	0.5	1	1.7	4	6	8
10	46.092	52.946	58.556	69.863	75.765	80.252
25	52.979	60.857	67.305	80.302	87.085	92.242
50	58.189	66.842	73.923	88.198	95.648	101.313
100	63.399	72.826	80.542	96.094	104.212	110.384

Fuente: Elaboración Propia

3.9.1 Intensidades Máximas Curvas IDF

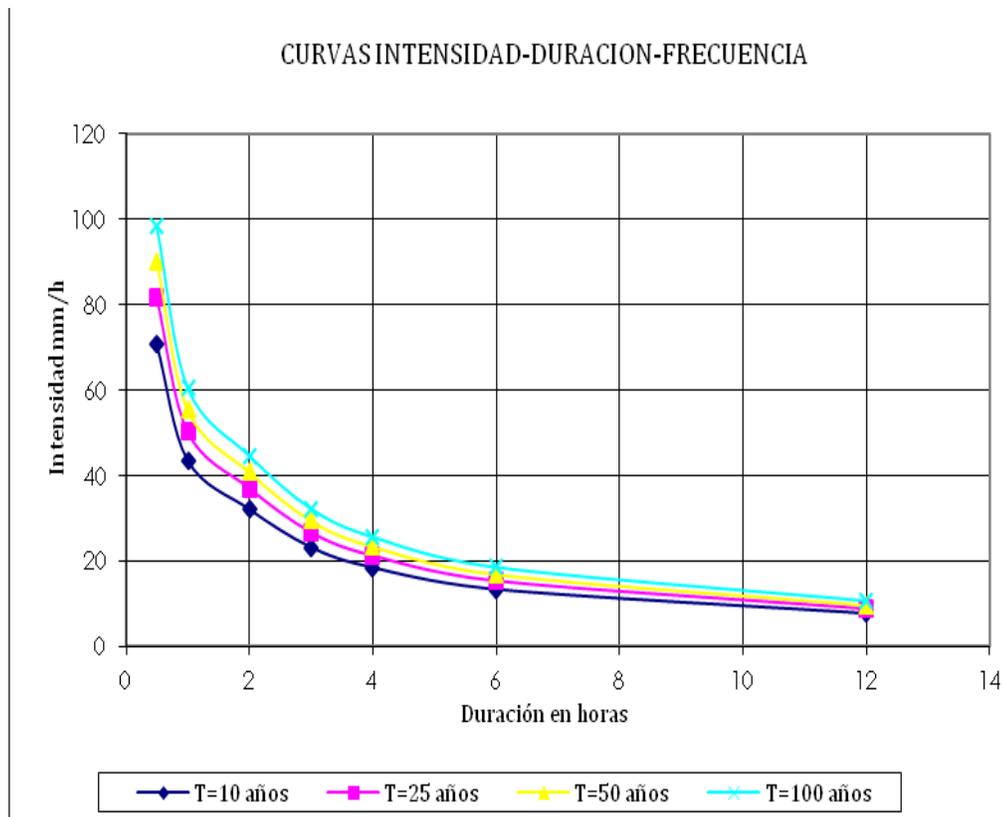
La determinación de las intensidades máximas se las realiza para la obtención o construcción de las curvas I.D.F. para diferentes periodos de retorno.

Cuadro N°18 Intensidades máximas

PERIODO DE RETORNO [años]	DURACION DE LLUVIAS EN [horas]					
	0.5	1	2	4	6	8
10	92.185	52.946	29.278	17.466	12.627	10.031
25	105.959	60.857	33.652	20.075	14.514	11.530
50	116.378	66.842	36.962	22.050	15.941	12.664
100	126.797	72.826	40.271	24.024	17.369	13.798

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 12 Curvas Intensidad – Duración y Frecuencia



Fuente: Elaboración Propia

3.9.2 Parámetros Geomorfológicos

Los parámetros geomorfológicos de las diferentes cuencas proporcionan las características de funcionamiento en la evaluación de las aguas que provienen de las lluvias. Los parámetros necesarios que se utilizaron fueron los siguientes:

- Área y Perímetro de la Cuenca
- Índice de Pendiente
- Pendiente de la Cuenca
- Pendiente de Cauce

3.9.3 Estudio Tiempo de Retorno

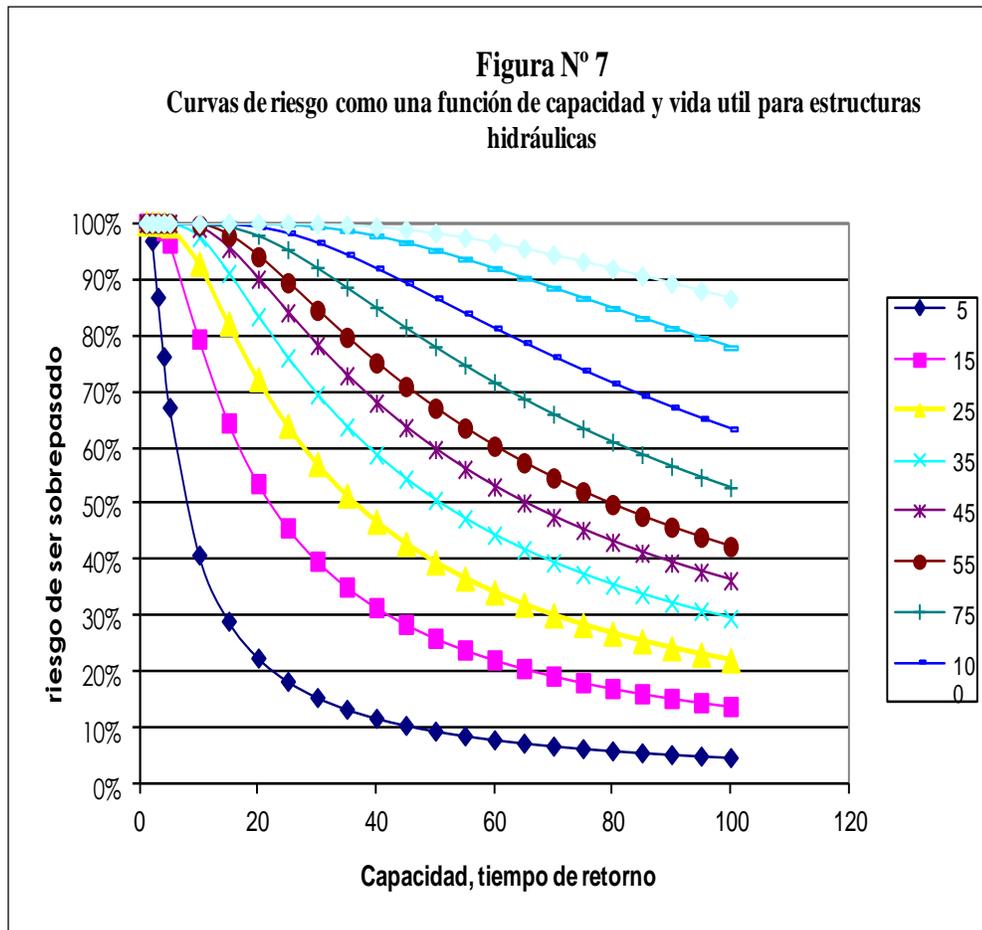
Se usan los siguientes tiempos de retorno para las estructuras hidráulicas de la ruta:

Drenaje de la plataforma:	5 años
Alcantarilla menor:	25 años
Alcantarilla mayor:	50 años
Puentes:	100 años

Estos tiempos de retorno son razonables y quedan dentro de las normas usuales para el diseño de obras de drenaje para carreteras.

En términos estadísticos, una estructura hidráulica dimensionada para pasar la tormenta de retorno de T años sin inundarse, tiene una probabilidad de ser sobrepasada de $1/T$ en cualquier año. Es decir, que la probabilidad de que la estructura no será sobrepasada en cualquier año es $1 - 1/T$, y que la probabilidad de que la estructura no será sobrepasada en n años es $(1 - 1/T)^n$.

Es común describir el *riesgo* de sobrepasar la capacidad de una estructura durante su vida útil, como $1 - (1 - 1/T)^n$, suponiendo que no hay ninguna diferencia en su comportamiento hidráulico en cada año de su vida. Utilizando esta ecuación, en la figura se presentan las curvas de riesgo para estructuras con diferentes vidas útiles.



Fuente: Manual de Hidrología y Drenaje de la ABC

De esta figura se puede obtener el riesgo asociado con cada uno de los tipos de estructuras, según se resume en la tabla N° 15.

Tabla No 14 Periodos de Retorno Para Diseño

Tipo de Obra	Tipo de Ruta	Período de Retorno (T años)		Vida útil Supuesta (n; años)	Riesgo de Falla (%)	
		Diseño (3)	Verificación (4)		Diseño	Verificación
Puentes y Viaductos (1)	Carretera	200	300	50	22	15
	Camino	100	150	50	40	28
Alcantarillas ($S > 1,75 \text{ m}^2$) o $H_{\text{entrap}} \geq 10 \text{ m}$ y Estructuras Enterradas (2)	Carretera	100	150	50	40	28
	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 Hidrología y Drenaje de la ABC

Tabla N° 15 Riesgos asociados con cada uno de las clases de estructuras hidráulicas

Clase de estructura	Capacidad/Tiempo de retorno, en años	Riesgo de estar sobrepasado durante su vida útil
Drenaje de plataforma	5	0.9962
Alcantarilla menor	10	0.9282
Alcantarilla mayor	25	0.6396
Puentes	100	0,2222

Fuente: Manual de Hidrología y Drenaje de la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

Se pueden hacer los siguientes comentarios sobre el cuadro anterior:

- Es muy probable que las obras de drenaje de la plataforma sean inundadas durante la vida útil de la carretera (riesgo de 99.6%), por lo cual debería construirse un buen revestimiento de la superficie de la carretera.
- Es muy posible que las alcantarillas menores serán sobrepasadas durante la vida útil de la carretera (riesgo de 92.8%), por lo cual se debería tomar en cuenta las fuerzas que actúan sobre el terraplén cuando se comporta como vertedero.
- Es probable que las alcantarillas mayores sean sobrepasadas durante la vida útil de la carretera (riesgo de 64%), por lo cual se debe tener una revancha mínima de un metro entre la corona de la alcantarilla y la rasante de la carretera.
- Existe una posibilidad no descartable de que los puentes serán sobrepasados al menos una vez durante la vida útil de la carretera (riesgo de 22.2%), por lo cual, se deberían tomar en cuenta las fuerzas que experimentaría el puente funcionando como vertedero y adoptar una revancha mínima de un metro entre el nivel máximo de agua para la tormenta del diseño y la parte inferior de la viga del puente para permitir el paso de material de arrastre.

3.9.4 Estimación de Caudales

Anteriormente se obtuvieron las precipitaciones máximas para diferentes tiempos de retorno, el cual se utilizará para el análisis de caudales de máximas avenidas en las cuencas en estudio, se planteará utilizar dos metodologías dependiendo del tamaño de la cuenca.

3.9.4.1 Método Racional

Una vez que se tienen las relaciones Intensidad – Duración – Periodo de Retorno, los caudales máximos pueden estimarse usando el método o fórmula racional.

Este método es usado, en general, para la estimación de caudales máximos en obras de alcantarillas en carreteras y otras obras de arte.

Los caudales de diseño fueron determinados por dos tipos de procedimientos, el primero para cuencas bien definidas cuya delimitación puede realizarse en cartas geográficas del IGM a escala 1:50000 y el segundo aplicable a cuencas menores o áreas de aporte con cuencas no bien definidos de área menor a 25 km².

La ecuación del método racional responde a la siguiente expresión:

$$Q_t = CU * \frac{C * I * A}{3.6}$$
$$CU = 1 + \frac{Tc^{1.25}}{Tc^{1.25} + 14}$$

Donde:

Q_t = Caudal para un periodo de retorno T (m³/s).

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

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

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

CU= Coeficiente de Uniformidad.

Coeficiente de Uniformidad

El coeficiente de uniformidad CU corrige el supuesto reparto uniforme de la escorrentía dentro del intervalo de cálculo de duración igual al tiempo de concentración contemplado en la formulación el método racional.

Aunque el coeficiente de uniformidad varía de un aguacero a otro, su valor medio en una cuenca concreta depende principalmente de su tiempo de concentración.

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

Coeficiente de Escurrimiento

Los coeficientes de escurrimiento dependen de las características del terreno, uso y manejo del suelo, necesita un criterio técnico adecuado y experiencia para seleccionar un valor representativo. Ver tabla N°16

Tabla N° 16 Coeficientes de escorrentía (c) para t=10 años

FACTOR	EXTREMO	ALTO	NORMAL	BAJO
Relieve	0,28-0,35 Escarpado con pendientes mayores que 30%	0,20-0,28 Montañoso con pendientes entre 10% y 30%	0,14-0,20 Con cerros y pendientes entre 5 y 10%	0,08-0,14 Relativamente plano con pendientes menores al 5%
Infiltración	0,12-0,16 Suelo rocoso, o arcilloso con capacidad de infiltración despreciable	0,08-0,12 Suelos arcillosos o limosos con baja capacidad de infiltración mal drenados	0,06-0,08 Normales, bien drenados, textura mediana, limos, arenosos, suelos arenosos	0,04-0,06 Suelos profundos de arena u otros suelos bien drenados con alta capacidad de infiltración
Cobertura Vegetal	0,12-0,16 Cobertura escasa, terreno sin vegetación o escasa cobertura	0,08-0,12 Poca vegetación terrenos cultivados o naturales, menos del 20% del área con buena cobertura	0,06-0,08 Regular a buena; 50% del área con praderas o bosques, no más del 50% cultivado.	0,04-0,06 Buena a excelente; 90% del área con praderas, bosques o cobertura equivalente.
Almacenamiento Superficial	0,10-0,12 Despreciable, pocas depresiones superficiales, sin zonas húmedas.	0,08-0,10 Baja, sistema de cauces superficiales pequeños bien definidos, sin zonas húmedas.	0,06-0,08 Normal; posibilidad de almacenamiento buena, zonas húmedas, pantano, lagunas y lagos.	0,04-0,06 Capacidad alta, sistema hidrográfico poco definido, buenas planicies de inundación o gran cantidad de zonas húmedas, lagunas o pantanos.

Fuente: Manual de Hidrología y Drenaje de la ABC

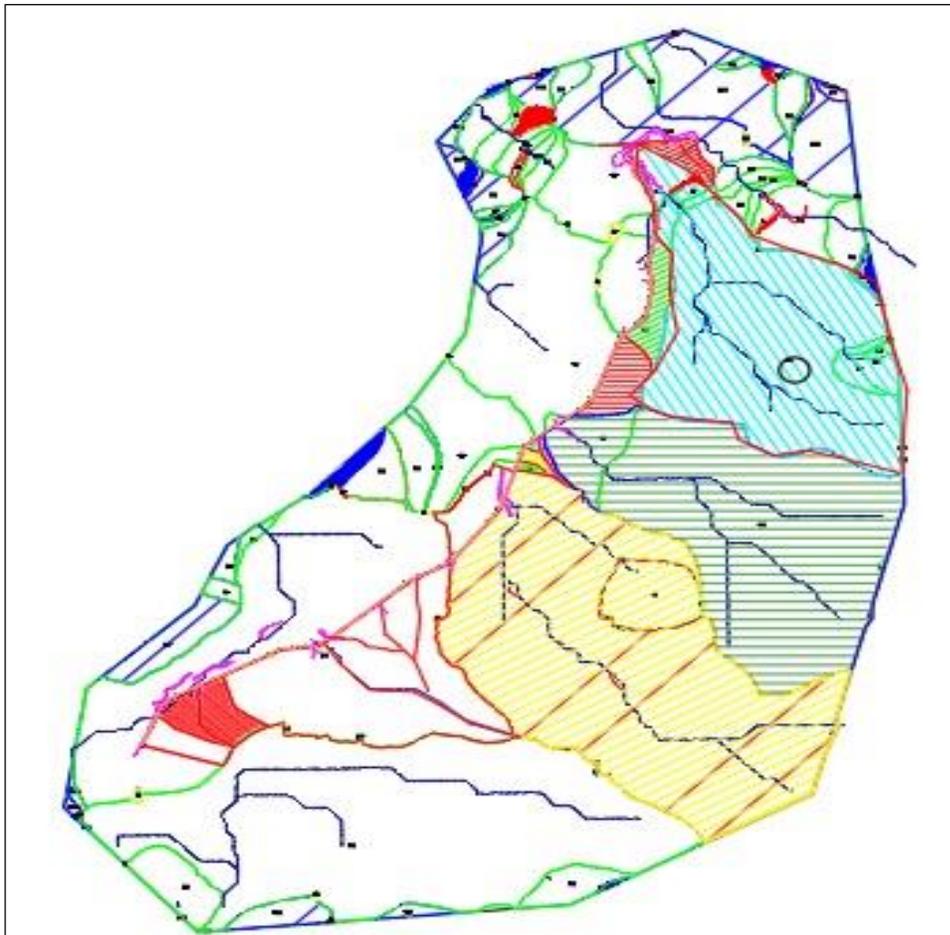
3.9.4.2 Delimitación de Cuencas de Aporte

Para la delimitación de las cuencas de aporte de las diferentes obras de drenaje del camino, se utilizaron las cartas del IGM escala 1: 50000 (HOJA 6630 II, 6630 III), El procesamiento gráfico se realizó con ayuda del utilitario computarizado AUTOCAD CIVIL 3D, debido al tamaño de las cuencas se tomó en cuenta las imágenes extractadas

del Google Earth y la topografía, para posteriormente conocer su área, la longitud del curso principal, sus pendientes medias, etc. parámetros necesarios para el cálculo de los caudales extraordinarios de aporte.

Los mapas con la delimitación de las áreas de aporte a cada una de las obras de drenaje consideradas en el estudio se muestran en la Fig. siguiente

Figura N°13 Delimitación de Cuencas



Fuente: Elaboración Propia

Las áreas y los perímetros de las cuencas fueron determinadas de una imagen satelital (Google) y verificadas con la carta geográfica de la zona a escala de 1:50000, cuyos valores se presentan en el Cuadro siguiente

Cuadro N° 19 Características de la cuenca

Unidad o Cuenca	Curso Principal	progresiva eje	Área		Perímetro (m)	Longitud (m)	Desnivel (m)	Cota Sup. (m.s.n.m.)	Cota Camino (m.s.n.m.)	Pendiente. (m/m)
			(m2)	(Km2)						
1	QDA 1	0+222.23	79584.50	0.08	2065.00	500.00	27.00	2746.000	2719.000	0.0540
2	QDA 2	0+550.00	158378.41	0.16	1720.70	530.00	36.00	2746.000	2710.000	0.0679
3	QDA 3	1+286.51	792306.09	0.79	4229.20	39667.00	135.00	2835.000	2700.000	0.0034
4	QDA 4	1+397.31	293267.00	0.29	3040.80	452.00	53.00	2754.000	2701.000	0.1173
5	QDA 5	1+760.00	136918.01	0.14	1645.50	400.00	14.00	2768.000	2754.000	0.0350
6	QDA 6	2+046.71	125231.02	0.13	1423.20	500.00	10.00	2765.000	2755.000	0.0200
7	QDA 7	2+795.85	3123918.50	3.12	8300.40	3374.20	136.00	2885.000	2749.000	0.0403
8	QDA 8	3+440.00	2272458.00	2.27	6843.20	2470.10	147.00	2905.000	2758.000	0.0595
9	QDA 9	4+190.00	108899.80	0.11	1532.30	569.90	102.50	2881.500	2779.000	0.1799
10	QDA 10	4+320.00	125425.30	0.13	1644.20	400.00	40.00	2814.00	2774.000	0.1000
11	QDA 11	4+620.00	54449.00	0.05	9325.00	382.00	13.00	2762.00	2749.000	0.0340
12	QDA 12	4+710.00	50321.30	0.05	8445.00	250.00	10.00	2755.00	2745.000	0.0400
13	QDA 13	4+990.00	79186.40	0.08	4130.00	600.00	9.00	2762.00	2753.000	0.0150
14	QDA 14	5+286.15	65423.00	0.07	4020.00	520.00	11.00	2766.00	2755.000	0.0212
puente	rio leon cancha	5+480.00	1855979.00	1.86	6742.50	2242.80	118.00	2814.00	2696.000	0.0526
15	QDA 15	5+820.00	47193.80	0.05	1057.00	333.00	36.00	2752.00	2716.000	0.1081

Fuente: Elaboración Propia

3.9.4.3 Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda en recorrer una gota caída en el punto más lejano del extremo de una cuenca hasta llegar al punto de aforo o desemboque. Este tiempo es constante para toda la cuenca.

Para el cálculo del tiempo de concentración existen diferentes fórmulas empíricas las cuales se menciona a continuación:

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

Donde:

Tc = Tiempo de concentración (horas)

A = Área de la Cuenca (Km²)

L = Longitud del rio Principal (Km)

J = Pendiente Media del Rio (m/m)

Fórmula Californiana
$$T_c = 0.066 \left(\frac{L}{\sqrt{J}} \right)^{0.77}$$

Donde:

T_c = Tiempo de Concentración (horas)

L = Longitud del rio Principal (Km)

J = Pendiente Media del Rio (m/m)

Fórmula Ventura y Heras
$$T_c = 0.05 \sqrt{\frac{A}{J}}$$

Donde:

T_c = Tiempo de Concentración (horas)

A = Área de la Cuenca (Km²)

J = Pendiente Media del Rio (m/m)

Fórmula de U.S.C.E
$$T_c = \left(\frac{0.871 * L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

T_c = Tiempo de Concentración (horas)

L = Longitud del rio Principal (Km)

H = desnivel máximo del curso de agua más largo (m)

Sacando la media aritmética de los resultados obtenidos, adoptamos un tiempo de concentración que se muestra en el Cuadro No 20, para las diferentes cuencas previstas para las obras del camino.

Cuadro N° 20 Tiempos de Concentración en Horas

Unidad o Cuenca	Curso Principal	Ventura	Californiana	Giandotti	Bureau Of Reclamation	Media Aritmética	Valor Adoptado (hr)
1	QDA 1	0.061	0.119	2.750	0.120	0.76	0.1667
2	QDA 2	0.076	0.114	2.621	0.115	0.73	0.1667
3	QDA 3	0.279	0.783	3.721	0.788	1.39	0.7855
4	QDA 4	0.079	0.082	2.121	0.082	0.59	0.1667
5	QDA 5	0.099	0.118	5.873	0.119	1.55	0.1667
6	QDA 6	0.125	0.175	8.559	0.175	2.26	0.1750
7	QDA 7	0.440	0.580	3.526	0.583	1.28	0.5812
8	QDA 8	0.309	0.392	2.618	0.395	0.93	0.3935
9	QDA 9	0.039	0.083	0.839	0.083	0.26	0.1667
10	QDA 10	0.056	0.079	1.993	0.080	0.55	0.1667
11	QDA 11	0.063	0.116	4.580	0.116	1.22	0.1667
12	QDA 12	0.056	0.078	5.029	0.079	1.31	0.1667
13	QDA 13	0.115	0.224	8.896	0.226	2.37	0.2250
14	QDA 14	0.088	0.176	6.479	0.177	1.73	0.1765
	rio leon cancha	0.297	0.382	2.952	0.384	1.00	0.3830
15	QDA 15	0.033	0.067	1.502	0.067	0.42	0.1667

Fuente: Elaboración Propia

3.10 Estimación Caudales de Diseño

A continuación, se presentan el resultado de los análisis, en el siguiente Cuadro se presentan el resumen de cuencas y las características de estas:

Cuadro N°21 Resumen Características de Cuenca y Tc

Unidad o Cuenca	Curso Principal	progresiva eje	Área		Perimetro (m)	Longitud (m)	Tc (horas)
			(m2)	(Km2)			
1	QDA 1	0+222.23	79584.50	0.08	2065.00	500.00	0.76
2	QDA 2	0+550.00	158378.41	0.16	1720.70	530.00	0.73
3	QDA 3	1+286.51	792306.09	0.79	4229.20	3966.00	1.39
4	QDA 4	1+397.31	293267.00	0.29	3040.80	452.00	0.59
5	QDA 5	1+760.00	136918.01	0.14	1645.50	400.00	1.55
6	QDA 6	2+046.71	125231.02	0.13	1423.20	500.00	2.26
7	QDA 7	2+795.85	3123918.50	3.12	8300.40	3374.20	1.28
8	QDA 8	3+440.00	2272458.00	2.27	6843.20	2470.10	0.93
9	QDA 9	4+190.00	108899.80	0.11	1532.30	569.90	0.26
10	QDA 10	4+320.00	125425.30	0.13	1644.20	400.00	0.55
11	QDA 11	4+620.00	54449.00	0.05	9325.00	382.00	1.22
12	QDA 12	4+710.00	50321.30	0.05	8445.00	250.00	1.31
13	QDA 13	4+990.00	79186.40	0.08	4130.00	600.00	2.37
14	QDA 14	5+286.15	65423.00	0.07	4020.00	520.00	1.73
puente	rio leon cancha	5+480.00	1855979.00	1.86	6742.50	2242.80	1.00
15	QDA 15	5+820.00	47193.80	0.05	1057.00	333.00	0.42

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°22Caudales

Unidad o Cuenca	Curso Principal	C	T (años)	tc (h)	P ₂₄ (mm)	P _t (mm)	i _(tc,T) (mm/h)	Área (Km2)		Q _T (m3/s)
1	QDA 1	0.33	25	0.17	40.68	17.29	103.77	0.08	1.01	0.76
2	QDA 2	0.33	25	0.17	40.68	17.29	103.77	0.16	1.01	1.52
3	QDA 3	0.33	25	0.79	40.68	23.58	30.02	0.79	1.05	2.29
4	QDA 4	0.33	25	0.17	40.68	17.29	103.77	0.29	1.01	2.81
5	QDA 5	0.33	25	0.17	40.68	17.29	103.77	0.14	1.01	1.31
6	QDA 6	0.33	25	0.17	40.68	17.46	99.80	0.13	1.01	1.15
7	QDA 7	0.33	25	0.58	40.68	22.20	38.20	3.12	1.03	11.32
8	QDA 8	0.33	25	0.39	40.68	20.54	52.19	2.27	1.02	11.11
9	QDA 9	0.33	25	0.17	40.68	17.29	103.77	0.11	1.01	1.04
10	QDA 10	0.33	25	0.17	40.68	17.29	103.77	0.13	1.01	1.20
11	QDA 11	0.33	25	0.17	40.68	17.29	103.77	0.05	1.01	0.52
12	QDA 12	0.33	25	0.17	40.68	17.29	103.77	0.05	1.01	0.48
13	QDA 13	0.33	25	0.22	40.68	18.36	81.63	0.08	1.01	0.60
14	QDA 14	0.33	25	0.18	40.68	17.49	99.11	0.07	1.01	0.60
0	o leon cancha	0.33	26	0.38	40.68	20.43	53.33	1.86	1.02	9.26
15	QDA 15	0.33	25	0.17	40.68	17.29	103.77	0.05	1.01	0.45

Fuente: Elaboración Propia

3.11 Drenaje en Carreteras

El Estudio de Hidráulica y Drenaje se lo analizo después de haber determinado el eje definitivo el proyecto según el Diseño Geométrico, y es de actividad obligatoria la inspección en el sitio del drenaje natural.

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

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

El objetivo principal en el diseño hidráulico de una obra de drenaje transversal es determinar la sección hidráulica más adecuada que permita el paso libre del flujo líquido y flujo sólido que eventualmente transportan los cursos naturales y conducirlos adecuadamente, sin causar daño a la carretera y a la propiedad adyacente.

3.11.1 Inventario de Obras Existentes

En función a la inspección de campo realizada se llega a obtener un inventario de las obras de drenaje existentes en el tramo, así también se levantó información de las características que presenta el tramo en estudio, para el estudio de ingeniería camino “El Rosal - León Cancha”

Dentro de las características de la zona se obtuvo el registro de diferentes obras de arte menor ya construidas. Estas obras de arte se detallan en la siguiente tabla.

Cuadro N° 23 Descripción de Obras de Arte Existentes

Nº	PROGRESIVAS	DESCRIPCION QUE EXISTE OBRAS ANTIGUAS
1	0+220	Existe Alc. Chapa ARMCO,c/cabezales (cabezal-muro)
2	1+280	Existe badén de 13X6.5
3	1+400	Existe badén de 11X6.5
4	1+760	Existe Alc. Chapa ARMCO,c/cabezales (cab-cab)
5	2+040	Existe Alc. Chapa ARMCO,c/cabezales (cab-cab)
6	2+480	Existe Alc. Chapa ARMCO d=1m, (cámara - cabezal)
7	2+180	Existe badén de 11X6.5
8	2+220	Existe badén de 11X6.5
9	3+420	Existe badén de 11X6.5
10	4+320	Existe Alc. Chapa ARMCO,c/cabezales (cab-cab)
11	5+380	Existe Alc. Chapa ARMCO,c/cabezales (cab-cab)
12	5+480	Puente losa L=25 m

Fuente: Elaboracion Propia

3.11.2 Tipos de Alcantarillas

En el presente estudio se proyecta la construcción de obras de drenaje transversales nuevas, de diferentes secciones tanto circulares como cuadradas, tomando en cuenta también el material según el proveedor. Se toma en cuenta tubería de chapa ARMCO de 40 pulgadas, 48 pulgadas, también el diseño de alcantarillas realizadas in situ de diferentes secciones

Según la inspección de campo y gabinete realizada en la zona se determina la ubicación de las alcantarillas y la proyección del tipo de obra a diseñar, según el terreno, esto con la finalidad de dar una mejorar el encauce de cada una de estas, obteniendo pendientes que ayuden a la alcantarilla a ser auto limpiable. Según el estudio la avenida en presenta las siguientes características:

- *“Se considera el diseño de alcantarillas nuevas donde según inspección en campo y en gabinete se analiza el perfil longitudinal y el plano en planta para emplazar dichas estructuras que son necesarias en el tramo”.*

3.11.3 Parámetros de Cálculo

El diseño de las obras hidráulicas se realizó considerando los criterios, fundamentos teóricos y conceptos de la ingeniería vial e hidráulica, universalmente conocida y valorada por su frecuente aplicación.

a) Periodo de Retorno. -

El periodo de retorno, es uno de los parámetros más importantes dentro del diseño de drenaje, su correcta elección o determinación contribuye de manera directa en el funcionamiento adecuado de las obras a proyectarse.

Cuadro N° 24 Periodos de Retorno Elegidos

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO
	T (Años)
Drenaje de Plataforma	5
Alcantarilla Menor	10
Alcantarilla Mayor	25
Puentes	100

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a las Normas de la Administradora Boliviana de Carreteras, el periodo de retorno para alcantarillas es de 25 años con verificación para 50 años.

b) Caudales de Diseño. -

De acuerdo a los diferentes periodos de retorno elegidos, se determinarán los caudales de diseño con los procedimientos descritos en el Estudio Hidrológico, estos caudales son los usados para el dimensionamiento de las obras.

3.11.4 Diseño Hidraulico de Alcantarillas

Uno de los criterios básicos para el diseño de alcantarillas se basa en que el paso de agua no debe provocar una acumulación excesiva (curva de remanso de agua) o determinar excesiva velocidad de la corriente que podría así erosionar la salida de la

obra, poniendo en peligro a la misma y a su vez la integridad del pavimento de la vía en estudio.

Se tienen dos tipos de escurrimiento en las alcantarillas: el primero, con control en la entrada; el segundo, con control a la salida.

El control en la entrada requiere que sean precisados algunos factores: área de entrada y el remanso que se produce. En el control de salida: la altura del tirante de agua, la pendiente, el coeficiente de rugosidad y las dimensiones transversales y longitudinales de la alcantarilla. En ambos casos se presentan diferentes condiciones tanto a la entrada como al interior de la alcantarilla.

Condiciones en la Entrada a la alcantarilla transversal: Indicando con H_E el nivel de aguas a la entrada de la alcantarilla, y con H o D la altura del tubo o entrada de la misma se observan dos situaciones posibles:

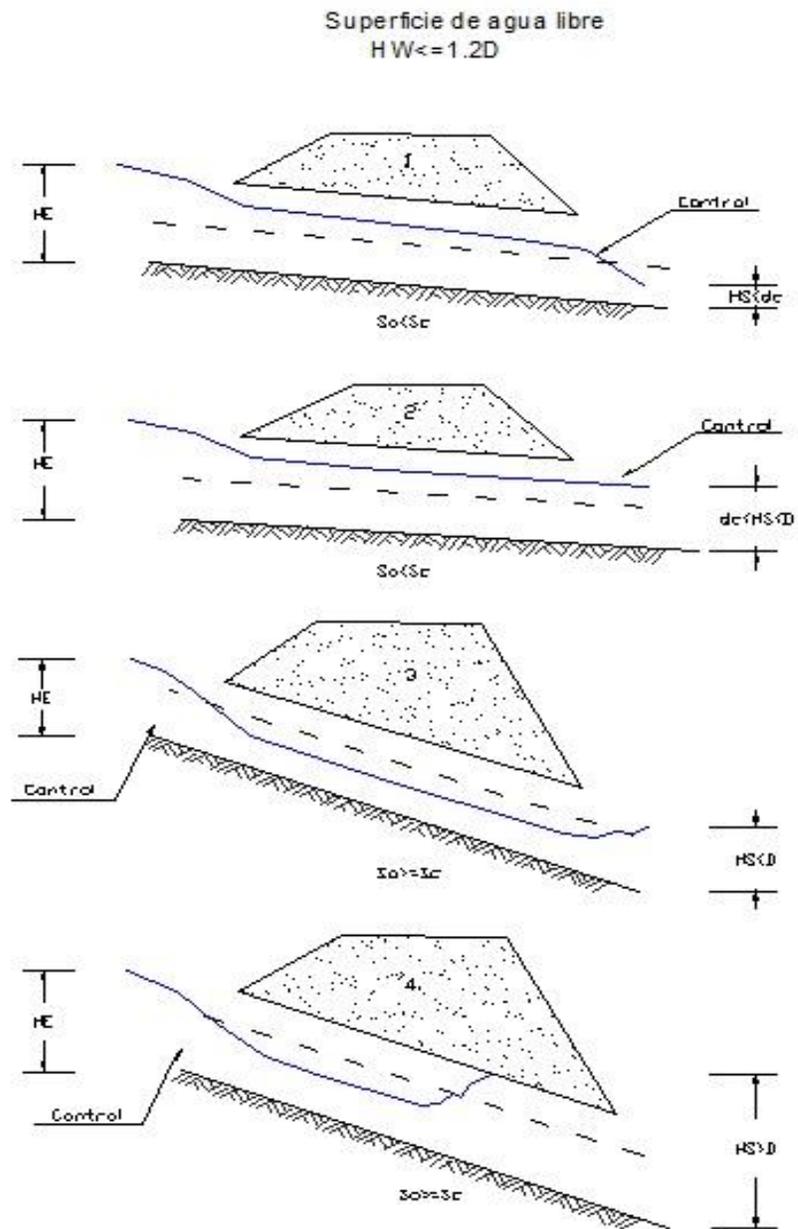
Se da el caso de entrada libre, cuando será $H_E < 1,2 H$, y el caso de entrada sumergida, cuando se tiene que: $H_E > 1,2 H$.

Condiciones de la corriente en el interior de la alcantarilla: El flujo que ocurre al interior de la alcantarilla puede ser estudiado a capacidad plena o parcial. Las condiciones que se determinan en la sección transversal de la alcantarilla, corresponden a cinco diferentes situaciones, en función de los valores que asumen: H_E (altura de la corriente a la entrada de la obra); h_{crit} (altura crítica en la entrada); H o D (altura de la alcantarilla o su diámetro); T_w (altura de aguas a la salida de la obra).

Al mismo tiempo se debe analizar las condiciones de la pendiente de la obra de drenaje i , en función de la pendiente crítica i_c , para determinar el tipo de remanso ocurrido en el flujo a ser estudiado. ($i < i_c$; / $i = i_c$ / $i > i_c$).

Los aspectos antes descritos son ilustrados en gráficos presentados a continuación:

Figura N°14: Condiciones de entrada y salida en alcantarillas





La combinación de los diferentes parámetros produce en la alcantarilla diferentes situaciones de escurrimiento que pueden ser las siguientes:

a) Condición a la entrada de la alcantarilla

De acuerdo a la altura que alcanza la corriente aguas arriba de la alcantarilla, respecto al del nivel de la misma se distinguen dos casos:

- a.1) Condición de entrada libre $H_e < 1.2 H$ ó (D)
- a.2) Condición de entrada sumergida $H_e > 1.2H$ ó (D)

b) Condiciones de salida de la alcantarilla

Según la altura que alcanza la corriente aguas debajo de la alcantarilla respecto al dintel de la misma se distinguen dos casos

- b.1) Condición de salida libre $h_s < H$ ó (D)
- b.2) Condición de salida sumergida $h_s > H$ ó (D)

c) Condición de corriente de la alcantarilla

Según el nivel que alcanzan las aguas en el interior de la alcantarilla se distinguen también dos casos:

- c.1) Sección parcialmente llena
- c.2) Sección llena

De las combinaciones que pueden lograrse de las condiciones explicadas anteriormente, se pueden presentarse para el diseño hidráulico de las alcantarillas las que aparecen dibujadas en la figura N° 14.

La figura muestra el caso 3, que corresponde a cauces con fuerte pendiente ($s_0 > s_c$), en este caso se dan generalmente las condiciones a1, b1 y c1.

La figura muestra el caso 7, donde la curva de remanso ahoga al flujo de la alcantarilla debido a algún punto de control aguas abajo, que puede resultar por una pendiente reducida del canal de salida o por efecto de inundación de alguna corriente aguas abajo. En este caso las condiciones involucradas corresponden a a2, b2 y c2.

La figura muestra el caso 1, generalmente este caso se presenta en cauces muy anchos con escasa pendiente o grandes planicies, donde el tirante del régimen uniforme en el cauce de descarga h_s es menor que el tirante crítico de la alcantarilla.

La figura muestra los casos 2 en cursos de agua tranquila con cursos estrechos donde el tirante del curso de descarga de la alcantarilla h_s resulta mayor al tirante crítico de descarga de la alcantarilla.

Para el caso 1 y 2 las condiciones de escurrimiento son las mismas que el caso 3.

La figura muestra los casos 5, 6 y 8, casos que se presenta en la verificación de posibilidades de caudales extraordinarios mayores que el caudal de diseño de la alcantarilla, o caso de estructuras que pueden funcionar con una pequeña carga de agua. En este caso la entrada está sumergida y pueden presentarse dos variantes:

- La pendiente de la alcantarilla tiene un valor tal que el tirante normal en la alcantarilla es menor que la altura de la alcantarilla, entonces la alcantarilla trabajará llena, aunque la salida este libre.
- El tirante normal es mayor que la altura de la alcantarilla, y la salida es libre, la entrada funcionará como orificio y por tanto debe verificarse:

$$Q = CA (2 * g * h)^{1/2}$$

Donde Q es el caudal a verificar, A es el área de la sección, C el coeficiente de contracción que dependerá de las características de entrada y, h la carga sobre el centro del orificio.

Para el cálculo de la totalidad de las alcantarillas, se realizó alimentando el programa con los datos del proyecto, y adoptando las dimensiones de las alcantarillas que satisfacen los requerimientos de caudal, y una velocidad máxima admisible.

Para las cuencas de drenaje se utilizó solamente alcantarillas tipo circular de chapa Armco por las condiciones climatológicas de la zona, ya que es un ambiente seco y las alcantarillas circulares de chapa de acero corrugado tienen un tiempo largo de vida útil. En algunos casos también se hizo uso de baterías hasta de dos celdas como máximo, con lo que se cubrió adecuadamente los caudales determinados, con excepción en los puntos donde el drenaje fue salvado mediante puentes

En base a las cartas geográficas de la zona de proyecto, se definieron las áreas de aporte de cada una de las cuencas y sub cuencas que cruzan el nuevo trazo, lo que definirá cual debe ser la sección más adecuada en adoptarse, Los cursos y afluentes definidos mediante el procesamiento de los datos de topografía, se verificaron mediante una sobre posición con las cartas geográficas.

3.11.5 Diseño Hidráulico de Cunetas

(1) El drenaje longitudinal desempeña un papel importante al igual que el drenaje transversal; ambos constituyen las vías de desagüe en una carretera. Por lo que indicamos criterios, conceptos y mecanismos de evacuación de aguas longitudinalmente hasta los puntos de descarga.

(2) El principal objetivo de estos mecanismos de evacuación es el de captar y conducir el agua que se precipita a la superficie hasta los puntos de descarga o zonas adecuadas que no pongan en riesgo la estabilidad de la plataforma. Para el Estudio de la carretera se tomó en cuenta:

- Cunetas naturales sin revestimiento

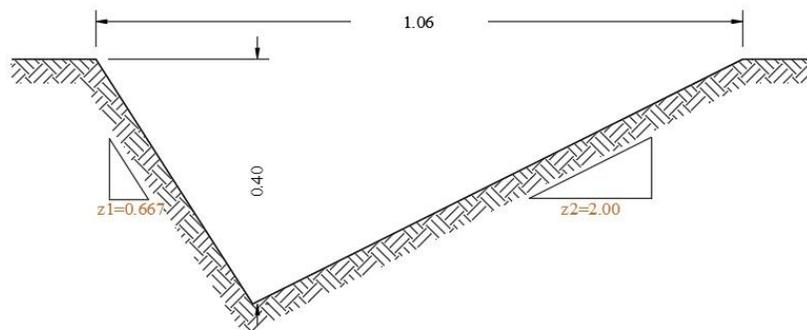
3.11.5.1 Criterios de Drenaje Longitudinal

Para el caso específico del proyecto en estudio, el diseño fue realizado simulando las condiciones que se describen en los siguientes párrafos, las mismas que reflejan las situaciones en las cuales trabajará el drenaje longitudinal de la vía.

El drenaje longitudinal comprende básicamente una sección tipo, triangular.

Debido a la facilidad se adopta una sección de tipo triangular con taludes asimétricos 1:0.667 y 1:2, es decir con un ángulo de 90° entre paredes laterales como se muestra en el siguiente gráfico:

Figura N° 15 Sección de Diseño Tipo Cuneta sin Revestir

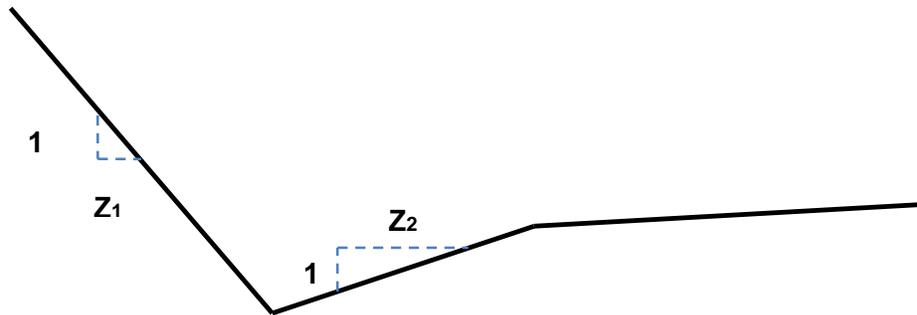


Fuente: Elaboración Propia

3.11.5.2 Dimensionamiento de Cunetas

(1) Las cunetas pueden ser de sección en forma triangular, trapezoidal, rectangular y semicircular. Para el proyecto se adoptaron cunetas de sección triangular. Tal como se esquematiza en la siguiente figura.

Figura N°16 Esquema de Cuneta



Donde:

1: Z1 (vertical: Horizontal)

1: Z2 (vertical: Horizontal).

a) Cunetas de corte

Cuando la carretera se desarrolla en corte el agua a conducir hasta los puntos de descarga provienen del escurrimiento superficial sobre la calzada y los taludes de Corte adyacente son evacuados por medio de cunetas cuya sección y material Varían de acuerdo a los conceptos de:

- Conducción de las aguas al punto de descarga de la forma más rápida y eficiente, considerando un menor costo de construcción de mantenimiento.
- Atención de los aspectos erosivos, utilizando revestimiento prolongados en los segmentos de corte.
- Protección de las paredes de cunetas por transporte de partículas sólidas de gran tamaño y sedimentación de las mismas.

(2) Los valores de velocidad calculados por Manning, fueron comparados con los valores de velocidad máximas permitidas a fin de evitar erosión en los distintos tipos de suelos:

Tabla N° 17 Velocidades por Tipo de Revestimiento

REVESTIMIENTO	VELOCIDAD PERMISIBLE (m/seg.)
Tierra sin vegetación	0.305 a 0.61
Arena, arcilla poca o ninguna	0.61 a 0.915
Arcilla dura	1.22
Acilla muy coloidal	1.22
Arcilla y grava	1.22
Grava	1.22
Hormigón simple	3

Fuente: Manual de Hidrología y Drenaje de la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

3.11.5.3 Determinación del Caudal de Aporte

(1) La determinación del caudal de aporte se determinó a través del Método Racional, el cual se adapta para este tipo de drenaje, adoptándose un tiempo de concentración mínimo de 10 minutos.

(2) La expresión del método racional es la siguiente:

$$Q_a = C \cdot I \cdot A \quad (1)$$

donde:

- Q_a** : Caudal de aporte en (m³/s.)
- C** : Coeficiente de Escurrimiento
- I** : Intensidad de lluvia en (mm/h).
- A** : Área de aporte en (Ha)

3.11.5.4 Coeficiente de Escurrimiento C

(1) El coeficiente de escurrimiento se define mediante la siguiente relación:

$$C = \frac{\text{Cant. de agua superficial para una misma intensidad cuando toda el área contribuye}}{\text{Cantidad de lluvia}}$$

(2) Los valores de “C” se detallan en el cuadro N° 25

Cuadro 25 : Coeficiente de Escurrimiento “C”

<i>Características de la superficie</i>	Periodo de Retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas Desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes							
Condición pobre (Cubierta de pasto <del 50% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2 – 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (Cubierta de pasto del 50% al 75% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 – 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (Cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2 – 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0 – 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2 – 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0 – 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 – 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0 – 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2 – 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Manual de Hidrología y Drenaje de la ABC

3.11.5.5 Dimensionamiento de Cunetas

El dimensionamiento de los canales o cunetas está sujeto al tratamiento hidráulico y condiciones de flujo, en el proyecto se elegirá un tratamiento hidráulico a flujo uniforme el cual se adapta para este tipo de estructura hidráulica (cuneta).

Caudal de proyecto Q_p

El caudal de proyecto tiene que ser igual o mayor al caudal de aporte (Q_a). El caudal de proyecto está expresado por la siguiente formula de Manning:

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

Donde:

Q_p : Caudal de proyecto (m³/s).

A : Área de la sección transversal de la cuneta (m²).

R : Radio hidráulico (m).

S : Pendiente longitudinal de la cuneta (m/m).

3.11.5.6 Tirante Crítico HC

(1) El flujo crítico se produce cuando la energía específica del flujo es mínima, el cual determina el tirante crítico cuyo objetivo es encontrar el régimen hidráulico que se producirá durante la evacuación del flujo en la cuneta.

(2) La expresión del tirante crítico para la sección propuesta es:



(5)

Donde:

h_c : Tirante crítico (m)

Q_p : Caudal de proyecto (m³/s)

g : Aceleración de la gravedad (9.81m/s²)

$Z_1 = 1$ (para el proyecto)

$Z_2 = 2$.(para el proyecto)

Número de Froude “F”

(1) El número de Froude cuantifica el régimen hidráulico de un flujo con la siguiente expresión:


$$(6)$$

Donde:

v : velocidad característica del flujo (m/s).

g : Aceleración de la Gravedad (9.81 m/s).

D : Tirante hidráulico (m).



Donde:

A: Área hidráulica (m²).

T: Ancho de la sección de la cuneta en la superficie libre (m).

Cuando:

F=1 el régimen es Crítico.

F< 1 el régimen es Sub crítico.

F> 1 el régimen es Súper crítico.

En los siguientes cuadros se muestra el dimensionamiento hidráulico de las obras de arte transversal y longitudinal.

3.12 Costos y Presupuestos

3.12.1 Cómputos Métricos

Para la realización de este proyecto se tuvo que realizar los respectivos cómputos métricos mediante la ayuda del programa civil 3d 2017 para el respectivo cálculo de volúmenes movimiento de tierras, es decir la cantidad de suelo que se va remover para este mejoramiento, además se tiene el diseño de las alcantarillas y las cunetas respectivas lo cual se introducirá dentro de otro programa para el cálculo de su costo respectivo las planillas de volúmenes que nos sirven tanto para saber cuánto de tierra se va a mover se encuentra en el “ANEXO VI”

Los respectivos volúmenes de obra correspondientes a las obras de arte menor se detallan en los incisos anteriores.

3.12.2 Análisis de Precios Unitarios

Generalidades

El análisis de precios unitarios para los diferentes ítems de construcción que se definieron en el presente proyecto, se desarrolló teniendo en cuenta tres componentes específicos: Mano de Obra, Equipo y Materiales. Para cada componente se consideraron los Gastos Generales, Utilidades e Impuestos, donde cada uno de estos rubros se los analizó en forma particular.

Para el análisis de precios unitarios se utilizó el Programa de PRESCOM. El tipo de cambio utilizado es de 6.96 Bs/\$us.

Se adjuntan los resultados del análisis de precios unitarios al final del presente capítulo

Recargos de Gastos Generales y Administrativos

Los gastos generales son los de la empresa, no detallados en los costos directos de cada ítem. Dentro de estos gastos se tienen costos directos e indirectos; los indirectos son los de la oficina central y los directos, los que se aplican a los gastos específicos de la obra. Los gastos administrativos representan la estructura ejecutiva, técnica, administrativa y de staff de una empresa; tales como honorarios o sueldos de ejecutivos, consultores, auditores, contadores, técnicos, secretarias, recepcionistas, jefes de compras, almacenistas, chóferes, mecánicos, serenos, dibujantes, ayudantes y envíos; iguales por asuntos jurídicos, fiscales; pasajes y viáticos, impuestos para protocolizaciones, tributaciones, etc. Entre los gastos generales y administrativos se deben incluir lo enunciados a continuación.

- **Alquileres y Depreciaciones**

Son gastos en concepto de bienes inmuebles, muebles y servicios, necesarios para el buen desempeño de las funciones ejecutivas, técnicas, administrativas y de staff de una empresa; tales como: alquileres de oficinas, servicios de teléfono, luz eléctrica,

fax, Internet, gastos de mantenimiento del equipo de almacén de oficina y de vehículos de la oficina central, depreciaciones, gastos de organización y de instalación.

- **Seguros y Boletas de Garantía**

Son los gastos obligatorios para la operación de la empresa, y convenientes para la dilución de riesgos a través de seguros que impidan una súbita descapitalización por siniestros. Entre estos se pueden enumerar: inscripciones a la Cámara Boliviana de la Construcción, registros en los diferentes Ministerios, oficinas gubernamentales, Colegios y Asociaciones Profesionales; seguros de vida, de accidentes de vehículos, de robo, incendios, etc.

En este rubro se debe considerar los gastos para Boletas de Garantía, que son los emergentes de la preparación de una licitación y de la necesidad de garantizar inicialmente la propuesta y, en su caso, la ejecución de la obra. Entre estos se puede enumerar: costo de la compra del Pliego de Licitación, gastos del personal técnico y administrativo, equipo de oficina y gastos de personal técnico y administrativo, equipo de oficina y papelería para la preparación de la licitación, boleta o póliza de seriedad de propuesta, boleta o póliza del buen uso del anticipo y boleta o póliza de buena ejecución de la obra. De acuerdo con los gastos generales y administrativos tienen un valor del 8%, aplicado sobre el costo directo de cada ítem.

Utilidades

Con el fin de interesar a las empresas del sector de la construcción, se adoptó como utilidad el 7% sobre el costo total de materiales, mano de obra y maquinaria, este porcentaje es mayor al que una empresa puede percibir normalmente por concepto de intereses bancarios.

Impuestos

El impuesto aplicable es el IVA, el que incide en un 14.94% del costo de la mano de obra, el impuesto a las transacciones, por su carácter global, se aplica al total del precio

unitario correspondiente al 3.09% del mismo. Estos valores son los normados en la Resolución Ministerial N° 533 de 23 de septiembre 2005.

Desgaste de Herramientas y Equipo

Dentro de la estructura del análisis del precio unitario se tomó como desgaste de herramientas y equipo, un porcentaje correspondiente al 5% del costo total de la mano de obra directa.

Costo de Mano de Obra

Generalmente, para elegir el personal se toman en cuenta aspectos relacionados con el grado de formación, experiencia y nivel de entrenamiento.

Para establecer los tiempos necesarios de utilización de personal y los horarios que deben cumplir para el desarrollo de las actividades del proyecto, es necesario tomar en cuenta los días que el personal efectivamente trabajará durante el año, lo que significa descontar los días domingos, los feriados de ley, la previsión de licencias por enfermedades, días no trabajados por factores climatológicos, vacaciones y otros establecidos por leyes y normas que regulan las actividades económicas.

Salario Básico Mensual

El salario se halla regulado por la ley de la oferta y demanda, siendo muy variable inclusive con relación a los distintos sitios del país; al respecto se asumieron valores promedio de los salarios que pagan a su personal las empresas constructoras.

Los salarios para la mano de obra no calificada, básicamente peón y ayudante, corresponden a valores aceptables en la zona del proyecto.

Beneficios Sociales

Las leyes sociales del país determinan el pago de Beneficios Sociales a todas las personas asalariadas y deben incluirse dentro del costo de mano de obra.

De conformidad a las leyes vigentes, el salariado mensual es incrementado en un determinado porcentaje, considerando las siguientes incidencias.

INCIDENCIAS

a) Incidencia de inactividad

El cuadro siguiente muestra los días inactivos para un obrero dentro de un año laboral.

La disposición legal vigente que regula los días de descanso incluyendo los feriados es el D. S. 21060 en su Art. 67

Cuadro N° 26 Incidencia de Inactividad

DESCRIPCIÓN	DIAS / AÑO SIN PRODUCCIÓN	JORNALES / AÑO CANCELADOS
Domingos	52	52
Feridos legales	9	9
Vacación	15	15
Enfermedad	3	3
Ausencias justificadas	4	2
Ausencias injustificadas	4	-
Lluvias y otros s/justificación	4	4
Día del Constructor	1	1
Aguinaldo	-	30
Indemnización anual	-	20
Desahucio	-	5
TOTAL	92	141

Días efectivos de trabajo	$(365-92)=$	273
Jornales cancelados	$(273+141)=$	414
Incidenias por inactividad	$(414/273)=$	1,5165

INCIDENCIA DE LA INACTIVIDAD

51,65%

b) Incidencia de subsidios

Se aplica de acuerdo a disposiciones legales en vigencia contenidas en el D.S. N° 23410 artículo segundo del 16 de febrero de 1983, modificando los subsidios prenatales, natalidad, lactancia y sepelio. Estas obligaciones están a cargo de la empresa o

empleador según el D.S. N° 21637 artículo 25 del 25 de junio de 1987 y ratificando mediante el D.S. 22578 artículo 51 Cap. IX del 13 de agosto de 1990.

El incumplimiento por parte de la empresa en el otorgamiento de cualquier de los cuadros subsidios es sancionado de conformidad a las previsiones contenidas en Código de Seguridad Social.

Cuadro N° 27 Monto y Duración de los Subsidios

SUBSIDIO	MONTO	PERIODO (mes)	TOTAL A CANCELAR
Prenatal	1650	5	8250
Natalidad	1650	1	1650
Lactancia	1650	12	19800
sepelio	1650	1	1650

Se determina el costo mensual de la mano de obra para el análisis y cálculo de la incidencia de los subsidios, para lo cual se calcula el jornal o salario promedio ponderado mensual, de acuerdo a los precios de mercado y los pesos ponderados

según el D.S. 18958 del 18 de mayo de 1982.

Cuadro N° 28 Costos de Mano de Obra

MANO DE OBRA	SALARIO		PROMEDIO PONDERADO	SALARIO PONDERADO MENSUAL (Bs.)
	DIA	MES		
Albañil	80	2.400	20	480
Ayudante	60	1.800	15	270
Armador	70	2.100	10	210
Especialista	75	2.250	3	67,5
Maestro	80	2.400	6	144
Contramaestre	40	1.200	15	180
Topógrafo	75	2.250	2	45
Operador equipo liviano	90	2.700	2	54
Peón	45	1.350	22	297
Alarife	50	1.500	5	75
			100	1822,5

Salario ponderado anual

1822,5

Si se considera que un 8% del total de los trabajadores representa a obreros que reciben este subsidio, determinamos el costo anual y la incidencia porcentual de éste.

Cuadro N° 29 Incidencia Anual de los Subsidios

SUBSIDIO	% OBREROS	PERÍODO MESES	SALARIO MINIMO NACIONAL	(Bs) ANUAL/OBRERO
Prenatalidad	8%	5	1650	9900
Natalidad	8%	1	1650	1980
Lactancia	6%	12	1650	17820
Sepelio	4%	1	1650	990
TOTAL Bs.				30690

Salario ponderado anual	1822,5
Número de Obreros	60
Tiempo en Mes	12
Monto Anual= 60 X 1822,5 x 12	1.312.200,00

INCIDENCIA DEL SUBSIDIO=
 $(37930,80/1.312.200,00)*100$ **3,00%**

c) Incidencia de aportes a entidades

Estos aportes son obligatorios y responden a disposiciones legales en actual vigencia, regulando los aportes patronales. Ley de Pensiones, Código de Seguridad Social.

Cuadro N° 30 Incidencia de Aporte a entidades

APORTES A ENTIDADES	PATRONAL	LABORAL
Caja Nacional de Salud	10%	
Fondo de Vivienda	2%	1%
INFOCAL	1%	
AFP	2%	12.5%
TOTAL APORTES	15.00%	13.5%
APORTES A ENTIDADES = 15.00% + 13,5%= 28,50%		

d) Incidencia de la antigüedad

Según D.S. 21060, se considera la antigüedad de 2 a 4 años, con un equivalente al 5% sobre el salario mínimo nacional.

Teniendo en cuenta que se tomó 60 obreros de la obra y que el 10% son antiguos, la incidencia es:

$$5.00\% \times 0,1\% = 0,5\%$$

Incidencia de la antigüedad = 0,5%

b) Incidencia de seguridad industrial e higiene

El costo de implementos para la seguridad e higiene varía de acuerdo al tipo y tamaño de obra.

Continuando con el análisis para un año, la dotación mínima sería la siguiente:

Cuadro N° 31 Incidencia de Seguridad Industrial e Higiene

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO Bs	Nº OBREROS	PRECIO (Bs) TOTAL/OBRE RO
Botas de goma	15	85	60	21,3
Guantes de cuero	120	15	60	30
Guantes de plástico	120	10	60	20
Ropa de trabajo	60	150	60	150
Cascos	60	50	60	50
Cinturones de seguridad	12	200	60	40
Botiquín	1	400	60	6,67
Lentes protectores	10	45	60	7,5
Botas de seguridad	60	220	60	220
Máscaras protectoras	10	80	60	13,3
TOTAL Bs.				327,67

Salario promedio ponderado (Bs)

1318,2

INCIDENCIA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL E HIGIENE

2.07%

Resumen de las Cargas Sociales

Cuadro N° 32 Resumen de Incidencias

DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA
Inactividad	51,65%
Subsidios	3,00%
Aportes a entidades	28,50%
Antigüedad	0.5%
Seguro Ind. E higiene	2.07%
TOTAL CARGAS SOCIALES	85,72%

El porcentaje de beneficios sociales que incide en el análisis de precios unitarios adoptado será: **BENEFICIOS SOCIALES = 85,72%**

3.12.3 Presupuesto General

Los precios unitarios y el presupuesto general están representados y calculados por medio de planillas de Excel para un mejor análisis y una mayor exactitud se ven el ANEXO VI.

Los ítems utilizados en el presupuesto general se detallan a continuación.

Sobre la base de los lineamientos y costos básicos señalados en los acápites anteriores se analizaron los precios unitarios para todos los ítems necesarios que conforman el proyecto. El análisis se halla afectado a una serie de factores de los cuales algunos se determinan fácilmente, mientras que otros están sujetos a la estimación o experiencia del consultor.

A continuación, se detalla el análisis de precios unitarios estudiados para los siguientes rubros de construcción:

- Módulo 1. TRABAJOS PREVIOS
- Módulo 2. MOVIMIENTO DE TIERRAS
- Módulo 3. OBRAS DE ARTE MENOR
- Módulo 4. OBRAS COMPLEMENTARIAS

3.12.3.1 Módulo I - Trabajos Previos

El módulo trabajos previos está definido a través de tres ítems de trabajo:

- Instalación de Faenas
- Movilización y desmovilización
- Replanteo Topográfico.
- desbroce y Limpieza

3.12.3.2 Módulo II - Movimiento de Tierras

Para fines de establecer los costos de construcción se definen las excavaciones en una sola categoría, el material encontrado en todo el trazo del camino corresponde a suelos y Roca.

- Excavación con maquinaria en terreno blando
- Excavación con maquinaria en terreno Semiduro
- Conformado y compactado de terraplén
- Perfilado y cuneteado
- Excavación en roca
- Ripiado y compactado de plataforma
- Sobre acarreo

Desde el punto de vista del transporte se define el rango hasta una distancia media de 300 m. que corresponde a la distancia libre de transporte.

3.12.3.3 Módulo III - Obras de Drenaje

Dentro de este módulo, se consideran los siguientes ítems

- Trazado y replanteo de obras de arte menor
- Excavación no clasificada para obras de arte menor
- Hormigón ciclópeo 33% PD para estructuras
- Hormigón simple tipo A
- Hormigón pobre tipo E
- Relleno y compactado para obras de drenaje menor

- Cama de arena p/ asiento de tuberías
- Provisión y colocación alcantarillas ARMCO d=40"
- Provisión y colocación alcantarillas ARMCO d=48"

3.12.3.4 Módulo IV - Obras Complementarias

Dentro de este módulo, se consideran los siguientes ítems

- Cartel tipo
- Limpieza general

3.13 Ensayos de Laboratorio de Suelos

3.13.1 Clasificación

La clasificación de los suelos llega a ser una de las fases del mejoramiento de caminos más importantes porque en base a este estudio de suelo podemos determinar en qué tipo de suelo estamos fundando o mejorando nuestro terreno en estudio, además podemos clasificar el tipo de suelo si es inestable o apto para su ejecución, los suelos llegan a clasificarse en diferentes tipos, esto se logra mediante la ayuda de un muestreo del lugar, es decir tomar una porción de muestra del lugar en estudio y luego llevarla al laboratorio para su respectivo análisis mediante un juego de tamices con diferente diámetro de abertura cada uno de ellos; cada uno de estos cumplen una función importante porque en base a su contenido retenido y lo que pasa al otro tamiz podemos determinar el tipo de suelo y clasificarlo mediante una curva granulométrica el cual consta de una escala logarítmica que se usa para graficar el suelo encontrado. Lo cual se mostrará en el ANEXO VII

3.13.2 Límites de Atterberg

La plasticidad de un suelo es la posibilidad que presenta un suelo de ser moldeado sin fractura. Es decir que un cambio de forma inducido que se convierte en permanente. Se debe al comportamiento de los minerales que componen las arcillas; esto resulta porque esos minerales y el agua que contienen están cargados eléctricamente y esas cargas hacen que la estructura se mantenga con grandes deformaciones.

La cuantificación de la plasticidad se realiza mediante los límites de consistencia de “Atterberg” ingeniero sueco de profesión agrónomo, los mencionados límites miden la plasticidad del suelo a través de las humedades que son necesarias para alcanzar los dos estados límite de consistencia; el límite líquido y el límite plástico el cual se conocerá a continuación:

3.13.2.1 Límite Líquido

Se puede definir al límite líquido como la humedad con la que una cierta huella en el suelo se cierra con una energía determinada.

El límite líquido toma como valor de la humedad alrededor de 2kpa. Casagrande normalizó su medida y propuso un aparato llamado “cuchara de Casagrande” para realizar de forma mecánica lo que había propuesto Atterberg. Este límite se define arbitrariamente como la humedad de un suelo tal que un surco de 2mm de anchura realizado en el suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13mm al dejar caer la cuchara 25 veces desde una altura de 10mm. Si la humedad fuera mayor a esta el suelo fluiría rápidamente.

3.13.2.2 Límite Plástico

Por otra parte, el límite plástico se define como la humedad con la que unos rollos delgados de suelo se empiezan a agrietar al intentar amasarlos.

El límite plástico corresponde a la humedad de 200kpa, se define arbitrariamente como la humedad del suelo tal que ya no es posible fabricar con suelo cilíndrico de unos 3mm de diámetro sin que estos se agrieten, si la humedad fuera menor a esta, el suelo no presentara plasticidad

Las expresiones que permiten calcular cada una de ellas son:

$$I_c = \frac{LL - h}{LL - P}$$

$$IP = LL - LP$$

$$I_f = \frac{h - LP}{LL - LP}$$

3.13.3 Compactación

Es necesario distinguir entre la consolidación y la compactación. La consolidación es un proceso lento debido a la acción del peso propio y de las eventuales sobrecargas en que la densificación tiene lugar por la expulsión del agua que está en los huecos dejados por la estructura de partículas sólidas. En cambio, la compactación tiene un proceso de densificación rápida por lo que tiene únicamente una disminución de huecos del suelo ocupados por el aire. Aclarando en el proceso no se produce una pérdida de humedad y si esta es tan alta que satura el material el agua actúa como un muelle.

Para que las carreteras ofrezcan al usuario unas condiciones de rodadura adecuadas se deben seguir las siguientes acciones:

- Cargas de tráfico
- Peso propio del firme y de los rellenos que tiende a consolidarlos
- El agua infiltrada que a través de la variación de la humedad a lo largo del tiempo puede causar variaciones de resistencia y volumen.
- Otros agentes climáticos

A lo que se quiere llegar es que con la aplicación del proceso de compactación se debe resolver problema tecnológico que aparece en cada una de las tres fases que son:

1. Selección de los materiales más adecuados respetando sus propiedades
2. Selección de la maquinaria más adecuada para la compactación estableciendo los detalles del proceso y en especial el n° de pasadas y la humedad óptima de compactación.
3. El control de compactación con la siguiente aceptación o el rechazo de la obra ejecutada

La compactación se debe continuar hasta alcanzar la densidad fijada mediante el proceso de compactación la superficie del suelo estabilizado se debe conformar mediante un refino con moto niveladora eliminando irregularidades, huellas o discontinuidades inadmisibles, lo cual se recurre a una escarificación de superficie y luego a la compactación con adición de agua necesaria.

3.13.4 Ensayo de CBR

El ensayo de CBR es un método propuesto para el dimensionamiento de firmes flexibles el cual consiste en que el suelo se somete a una penetración de vástago cilíndrico a una velocidad constante. El suelo compactado se sumerge en agua y el proceso de saturación se mide, además el eventual hinchamiento del suelo a medida que se satura. El resultado es el porcentaje de la presión ejercida por un pistón sobre el suelo con relación a la presión ejercida por una muestra tipo cuando este pistón es introducido en la muestra del suelo con una velocidad de penetración constante.

En carreteras y en aeropuertos se suelen emplear ensayos relativamente sencillos como el CBR y los ensayos de carga con placa in situ. Son ensayos comparativamente lentos que no tratan de simular la aplicación real de las cargas. Las formaciones impuestas al suelo en estos ensayos son generalmente muy superiores a las cargas que pueden producir el tráfico.

4. CAPÍTULO IV – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

4.1 Trabajos Previos

4.1.1 Instalación de Faenas

1.- Definición. - Comprende los trabajos preparatorios para dar inicio a las obras, las instalaciones mínimas provisionales que sean necesarios para el buen desarrollo de las actividades de la construcción. Estos son: instalación de almacenes, maestranzas, oficinas y viviendas que sean requeridas para poder construir las obras el montaje de maquinaria para elementos pre fabricados; la instalación de plantas de preparación de agregados, etc.

El SUPERVISOR fijará fecha y hora para hacer entrega al CONTRATISTA, de la zona donde se realizarán las obras, y donde también se abrirá el libro de Ordenes, que será notariado y firmado por autoridades, Supervisión, Contratista.

2.-Materiales, Herramientas y Equipo. - En forma general todos los materiales que el CONTRATISTA se propone emplear en las construcciones deberán ser aprobadas por el SUPERVISOR, también se debe proveer todos los materiales, equipo y herramientas que sean necesarios para los trabajos de construcción.

Para la materialización de este ítem se utilizarán los materiales y herramientas detallados en el formulario de presentación de propuestas.

3.- Procedimiento para la ejecución. - Una vez notificado el Contratista sobre la fecha de iniciación de los trabajos, procederá con la movilización del personal y con la provisión de instalaciones que sean permanentes durante toda la obra, coordinando en forma continua con el Supervisor el avance de esta etapa con objeto de evitar rechazos posteriores por falta de información oportuna.

Esta etapa debe ser concluida en su integridad previa a la iniciación de las obras propiamente dichas, lo cual será certificado mediante la aprobación escrita del Supervisor.

Las labores complementarias a realizarse durante la ejecución de los trabajos serán realizadas, tanto por iniciativa propia del contratista, previa aprobación del supervisor, como de acuerdo a un requerimiento escrito del mismo supervisor.

4.- Medición. - Estos trabajos no serán objeto de medición, se medirá en forma global, y solo comprenderá el montaje y desmontaje de los ambientes indicados, el resto de los gastos para una buena ejecución, deberán ser considerados como parte de los gastos generales del contratista.

Su pago será global.

5.- Forma de pago. - Los trabajos comprendidos en este Ítem serán cancelados de acuerdo con el precio de la propuesta aceptada, bajo la designación siguiente:

ITEM	UNIDAD
INSTALACIÓN DE FAENAS	GLB.

4.1.2 Movilización y Desmovilización

1.- Definición. - Comprende los trabajos preparatorios para dar inicio a las obras. Estos son: la movilización de personal, herramientas y equipos.

2.- Materiales, Herramientas Y Equipo. - Para la materialización de este ítem se utilizarán los materiales y herramientas detallados en el formulario de presentación de propuestas.

3.- Procedimiento para la ejecución. - Una vez notificado el Contratista sobre la fecha de iniciación de los trabajos, procederá con la movilización del personal, herramientas y equipo coordinando en forma continua con el Supervisor sobre esta etapa con objeto de evitar rechazos posteriores por falta de información oportuna.

Esta etapa debe ser concluida en su integridad previa a la iniciación de las obras propiamente dichas, lo cual será certificado mediante la aprobación escrita del supervisor.

Las labores complementarias a realizarse durante la ejecución de los trabajos serán realizadas, tanto por iniciativa propia del Contratista, previa aprobación del Supervisor, como de acuerdo a un requerimiento escrito del mismo Supervisor.

4.- Medición. - Estos trabajos no serán objeto de medición, su pago será global

5.- Forma de pago. - Los trabajos comprendidos en este Ítem serán cancelados de acuerdo con el precio de la propuesta aceptada.

ITEM	UNIDAD
MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	GLB.

4.1.3 Replanteo Topográfico

1.- Definición. - Este ítem comprende todos los trabajos de replanteo, ubicación, alineamiento, trazado, control de cotas, control de pendientes, nivelación, etc., necesarios para la localización y la definición física en el terreno, en general y en detalle, del eje del camino, en estricta sujeción a los planos de construcción, documentos técnicos del contrato y/o las indicaciones del Supervisor.

2.- Materiales, Herramientas Y Equipos. - El Contratista dispondrá y proveerá de todo el material propio de esta actividad necesario para la ejecución de los trabajos de replanteo del eje del camino, tales como: estacas, clavos, pinturas, tachuelas, cemento, etc. y todo aquello que considere necesario para la buena ejecución del trabajo y los deberá mantener a disposición del Supervisor mientras dure la ejecución del proyecto.

Todas las herramientas menores y el equipo topográfico necesario para las actividades de replanteo, deberán ser provistos en obra al momento de iniciar las actividades correspondientes al ítem y el Contratista proveerá todo el equipo necesario, tanto para el replanteo, trazado y nivelación del eje del camino, como para el mejoramiento de los puntos de referencia de planimetría y altimetría y garantizará la capacidad del personal dispuesto para la ejecución de los trabajos de replanteo.

El contratista deberá mantener en obra, en forma permanente y mientras duren los trabajos de ejecución, los equipos y herramientas que sean necesarios para este trabajo, poniéndolos a disposición del supervisor, cuando éste así lo requiera.

3.- Procedimiento para la ejecución. - Todo trabajo de replanteo será iniciado previa notificación a la Supervisión, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

El contratista hará el replanteo del eje del camino, bajo la directa supervisión del supervisor.

La localización general, alineamientos, elevaciones y niveles de trabajo serán marcados en el campo para su verificación y deberán poseer puntos de referencia para su restitución en caso de pérdida de estacas, mojones, etc.

Los Bancos de Nivel, base, de referencia para el inicio de cualquier trabajo de replanteo, serán los constituidos por el Instituto Geográfico Militar, salvo cuando no existan, cuando el Supervisor indique lo contrario o cuando el proyecto en si no amerite tal precisión. En caso de verificarse la pérdida, sustracción o deterioro de alguno de estos puntos, el contratista deberá establecer nuevos bancos de nivel permanentes en los mismos puntos.

Los Bancos de Nivel (BM's) referenciales o auxiliares que obtenga el contratista para facilitar su trabajo, deben ser monumentados para permitir la seguridad de su inamovilidad y serán cuidadosamente conservados por el contratista, siendo de su entera responsabilidad, el mantenimiento y la conservación de los mismos.

La zona de trabajo, definida en este caso como la franja objeto del derecho de paso, deberá ser despejada, a costo del contratista y como parte de los trabajos correspondientes al ítem, de obstáculos, ramazón, arbustos, y demás impedimentos que no permitan la facilidad del trabajo a realizar.

Para este trabajo se iniciará efectuando una restitución planimétrica de los puntos de intersección de las tangentes (PI's), conforme lo indican los planos, posteriormente se definirán las progresivas de los puntos y los niveles, los que serán entregados al contratista con la debida suscripción del "Acta de Entrega y Recepción", levantada en campo en oportunidad de la conclusión de los trabajos de replanteo.

El replanteo consistirá en el reconocimiento de los testigos, entrega de los puntos de referencia que determinarán el eje longitudinal de la obra, progresiva y niveles, los que

serán utilizados por el contratista para complementar el replanteo en detalle, de acuerdo a los planos generales y de detalle y/o conforme a las modificaciones que introduzca el Supervisor.

Se efectuará una nivelación de los puntos determinados para la ubicación de puntos especiales, llevando la misma desde los puntos de referencia de cota conocida y señalada en el plano respectivo. Esta nivelación será realizada de ida y vuelta.

Como quiera que el trabajo de replanteo sea de primordial importancia en el desarrollo posterior de los trabajos, el replanteo de cada tramo deberá contar con la aprobación escrita del supervisor, con anterioridad a la iniciación de cualquier trabajo.

Una vez aprobado el replanteo los trabajos como excavaciones deberán ejecutarse con un control permanente de niveles anchos de zanja, secciones, etc. a fin de evitar sobre excavaciones innecesarias hasta llegar a las cotas establecidas en los planos.

Finalmente se verificarán las cotas superior e inferior y las gradientes requeridas, este aspecto deberá ser aprobado por escrito por el supervisor previo a cualquier trabajo posterior.

Nota Importante:

El contratista está en la obligación de comunicar al supervisor por escrito, y con quince días calendario de anticipación a la iniciación de cualquier trabajo, sobre cualquier omisión, error, deficiencia o discrepancia que se observara en los planos, especificaciones y otros documentos de contrato que oferte dicho trabajo. El supervisor dará respuesta a estas comunicaciones también por escrito con las soluciones y correcciones correspondientes para proceder con las obras, en un término máximo de ocho días calendario contados a partir de la fecha de comunicación por parte del contratista.

El supervisor realizará el control permanente de todas las operaciones de replanteo a cargo del Contratista y absolverá cualquier duda que surgiera durante estos trabajos, asimismo, se efectuarán controles posteriores de obra sin necesidad de aviso previo para determinar el correcto seguimiento de los niveles, pendientes y dimensiones que

indican los planos y los documentos del contrato.

4.- Medición. - Los trabajos correspondientes a este ítem, serán medidos en kilómetros de tramos replanteados y expresados en kilómetros (Km.).

5.- Forma de pago. - Los trabajos comprendidos en este Ítem serán cancelados de acuerdo con el precio de la propuesta aceptada.

La cancelación se realizará en dos oportunidades, de acuerdo a la siguiente modalidad:

a) Un 50% será cancelado a la conclusión de los trabajos de verificación y monumentación de los bancos de nivel definitivos para el control posterior con el plano altimétrico, en la Planilla de Avance No. 1.

b) El 50% restante será cancelado con la última Planilla de Avance de obra.

ITEM	UNIDAD
REPLANTEO TOPOGRÁFICO	KM

4.1.4 Desbroce y limpieza

1.- Definición. - Este ítem se refiere a la limpieza, extracción y retiro de hierbas y arbustos del terreno, como trabajo previo a la iniciación de las obras, de acuerdo a lo señalado en el formulario de presentación de propuestas, planos y/o instrucciones del Supervisor de Obra.

2.- Materiales, herramientas y equipo. - El contratista deberá proporcionar todas las herramientas, equipo (Tractor CAT D7G) y elementos necesarios, como ser picotas, palas, carretillas, azadones, rastrillos y otras herramientas adecuadas para la labor de limpieza y traslado de los restos resultantes de la ejecución de este ítem hasta los lugares determinados por el “Supervisor de Obra”.

3.- Procedimiento para la ejecución. - La limpieza, deshierbe, extracción de arbustos y remoción de restos se efectuará de tal manera de dejar expedita el área para la

construcción.

Seguidamente se procederá a la eliminación de los restos, depositándolos en el lugar determinado por el Supervisor de Obra, aún cuando estuvieran fuera de los límites de la obra, para su posterior transporte a los botaderos establecidos para el efecto por las autoridades locales.

4.- Medición. - El trabajo de limpieza y deshierbe del terreno será medido en hectáreas, de acuerdo a lo establecido en el formulario de presentación de propuestas, considerando solamente la superficie neta del terreno limpiado, que fue autorizado y aprobado por el supervisor.

5.- Forma de pago. - Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada.

ITEM	UNIDAD
DESBROCE Y LIMPIEZA	HA.

4.2 Movimiento de Tierras

Comprende los siguientes ítems:

4.2.1 Excavación con Maquinaria en Terreno Blando

4.2.2 Excavación con Maquinaria en Terreno Semiduro

4.2.3 Conformado y Compactado de Terraplen

4.2.4 Perfilado y Cuneteado

1.- Definición. - Este capítulo cubre la excavación remoción recolección y disposición

satisfactoria de todos los materiales dentro de los límites requeridos de la obra, áreas intermedias y de drenaje, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con las dimensiones y secciones indicadas y según las líneas y gradientes indicadas en los planos y/o las ordenadas por el supervisor.

Todo el material sacado de la excavación y que sea utilizable, se usará para relleno o conformación de terraplenes, subrazantes, rellenos especiales u otros trabajos, según lo indiquen los planos y/o lo ordene el supervisor.

En caso de que el volumen de la excavación sea mayor que el de los rellenos, el material sobrante se usará para dar la gradiente a las áreas en los finales de la obra, o se botará según se ordene. Si el volumen de excavación es menor que el de los rellenos, la diferencia se suplirá con material extraído de otros sitios y áreas en que exista autorización para ello.

Todo el material sacado de la excavación y que sea utilizable, se usará para relleno o conformación de terraplenes, subrazantes, rellenos especiales u otros trabajos, según lo indiquen los planos y/o lo ordene el Supervisor.

2.- Materiales, Herramientas y Equipos. - El contratista deberá proporcionar todos los materiales, maquinaria, equipo y herramientas adecuados para la ejecución de los trabajos, los cuales, en forma previa a su utilización, deberán contar, necesariamente, con la aprobación del Supervisor.

3.- Procedimiento para la ejecución. - La excavación preliminar se llevará hasta una profundidad tal que quede suficiente material por encima de la cota indicada para poder alcanzar dicha cota, posteriormente, por medio de la compactación, si es que corresponde esta última actividad, caso contrario se efectuará la excavación hasta la cota indicada en planos o hasta donde lo indique el Supervisor.

De igual manera, en los rellenos se dejará suficiente material por encima de la altura indicada de relleno, para que dicha altura se obtenga después del asentamiento y de la compactación.

Si el contratista, por negligencia u otra causa, excavare más abajo de las líneas o cotas

indicadas, reemplazará a sus expensas dicha diferencia con material adecuado en forma y condiciones satisfactorias. El supervisor tendrá completo control sobre la excavación, movimiento, colocación y disposición de todo el material, y determinará la adaptabilidad del material usado en los rellenos.

Todo material considerado inadaptable se botará en áreas de terreno que se destinarán para este objeto, o se eliminará según se ordene. En general, la capa de tierra vegetal no deberá usarse en rellenos ni en subrasantes, sino que se eliminará según se ordene.

El contratista debe estar informado de la naturaleza, cantidad y distribución de todo el material excavado. No se pagará por ningún material excavado que se use para otros fines que los designados.

Todas las áreas destinadas para depósito de desechos se nivelarán, debiendo presentar un aspecto nítido antes de la aceptación de la obra. La superficie de las zonas destinadas a desechos no deberá ser más alta que la superficie de los terrenos adyacentes o contiguos a la obra.

Si, para la ejecución de los trabajos, fuere necesario interrumpir desagües, alcantarillados o drenajes u otras estructuras subterráneas o parte de ellas, el contratista será responsable de ello, y tomará todas las precauciones necesarias para proteger y conservar o proveer temporalmente los servicios que presten dichas estructuras.

Cuando se encontraren dichas estructuras, el contratista notificará al Supervisor, quién hará los arreglos necesarios para su remoción, si fuere necesario. El contratista reparará, a sus expensas y satisfactoriamente, cualquier daño hecho a dichas estructuras, motivado por sus operaciones o por negligencia durante el período del contrato.

Excavación.

Las excavaciones se harán en los sitios indicados en los planos del contrato, dándoles las dimensiones, pendientes y cotas de elevación ordenadas por el Supervisor, de manera tal que queden preparadas para efectuar los rellenos subsiguientes que hubiere que hacer. Ninguna excavación se comenzará a hacer hasta que el supervisor haya

tomado las medidas de elevación transversales y las medidas del terreno y se hayan colocado las estacas correspondientes.

Todos los materiales, de cualquier clase que fueren, que se encontraren dentro de los límites de la excavación, se quitarán y se dispondrá de ellos según se haya ordenado. Durante el proceso de la excavación, la pendiente deberá ser tal que provea buenas condiciones de drenaje durante todo el tiempo. Cuando se ordenare, se instalarán drenajes y zanjas temporales para interceptar o desviar el agua que pueda afectar la ejecución o las condiciones del trabajo.

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

El contratista deberá atenerse a la distribución indicada en los planos, no siendo permisible disminuir o aumentar el ancho de las secciones o aumentar o disminuir la pendiente para evitar el acarreo de tierra sobrante. Se reserva el derecho de hacer modificaciones, menores en los límites y pendientes si ello se encontrara aconsejable durante el curso del trabajo, debido a discrepancias que hubiere en los planos, o para obtener una construcción satisfactoria.

La sobre excavación, incluyendo los deslizamientos de tierra, es aquella porción del material desplazado o desmontado en exceso del límite fijado por la obra y/o autorizado por el supervisor. El supervisor será quién decidirá si el desplazamiento de dicho material fue indispensable y su decisión será final. Todo el material resultante de sobre-excavación será removido por el contratista y dispuesto según se le ordene. No se pagará sobre excavación alguna que, según la opinión del Supervisor, pudo haberse evitado. La sobre excavación inevitable se clasificará como "Corte en Suelo Blando".

En los cortes, toda roca suelta o protuberante, en los taludes del corte, se soltarán con barretas o se removerán de otra manera hasta obtener la pendiente definitiva. Todos los taludes cortados o rellenados deben ser aplanados uniformemente hasta darles la pendiente, sección transversal y alineamiento indicados en los planos u ordenados por el supervisor.

Cuando sea necesario el uso de explosivos, ellos se permitirán siempre que hayan tomado todas las precauciones para proteger las personas, la obra y la propiedad, se reparará a expensas del contratista todo daño causado por negligencia, mala utilización y falta de precaución.

Ya sea mediante observación directa del terreno o por afloramientos de roca luego de trabajos de limpieza con maquinaria, el Contratista, según sea el caso, deberá notificar y contar necesariamente con la aprobación del Supervisor en la clasificación del terreno como roca dura, para recién proceder a los trabajos de corte en roca con explosivos. El contratista estará obligado a revisar constantemente los niveles del terreno, como las estacas de eje del camino y de cabecera de corte; con la finalidad de obtener el perfil o sección adecuada de acuerdo a planos y/o instrucciones del supervisor.

La forma o método de trabajo a emplearse en la ejecución del ítem, estará a cargo del Contratista, debiendo ponerse en conocimiento del Supervisor para su respectiva aprobación.

El contratista hará conocer por radio, por escrito y en forma verbal a los comunitarios los horarios de corte de tráfico vehicular, quedando bajo total responsabilidad del contratista los cuidados para evitar accidentes a su personal como a terceras personas.

Todas las operaciones que el contratista tenga que hacer en conexión con el transporte, almacenamiento y uso de explosivos deben ser aprobadas por el supervisor. Cualquier aprobación que se dé no exime al contratista de su responsabilidad en las operaciones de dinamitación.

La remoción de estructuras y utilidades existentes para permitir el progreso sistemático del trabajo se hará de acuerdo a lo indicado en los planos o en las especificaciones.

Conformación de terraplenes.

Los terraplenes se conformarán con materiales adecuados, colocados en capas horizontales sucesivas de espesor no mayor a veinte (20) centímetros en todo el ancho de la sección transversal.

Las operaciones de nivelación o gradiente, y la colocación de las capas de tierra se harán de manera que la tierra adquiera una estructura como lo indica la sección transversal típica o según se ordene. Los materiales que forman el terraplén no deben tener materia orgánica alguna, tales como hojas, hierbas, raíces, u otros materiales indeseables. La tierra vegetal, materiales granulares, arcilla y otros materiales permitidos en la construcción de terraplenes, se extenderán en capas sucesivas como este especificado.

En caso de lluvia, temperatura baja, Congelación u otras condiciones desfavorables al movimiento de tierras, las operaciones se podrán suspender en cualquier momento.

En todo momento el contratista deberá rastrillar y mantener la pendiente del terraplén en condiciones que su superficie drene Continuamente.

En todo momento el contratista deberá rastrillar y mantener la pendiente del terraplén en condiciones que su superficie drene continuamente encementado, la arcilla u otro material del suelo que este en terrones, pueda romperse en partículas pequeñas y se incorpore con el resto del material de la capa.

En la construcción de terraplenes, las capas iniciales se colocarán en la parte mas profunda del relleno y a medida que la colocación progresa, las capas se construirán aproximadamente paralelas a la pendiente de la rasante acabada.

El contratista será responsable por la estabilidad de todos los terraplenes hechos según el contrato, y reconstruirá cualquier porción de terraplén que, según la opinión del supervisor, se haya desplazado debido a descuido o negligencia de parte del contratista.

Las operaciones de amontonar el material excavado para usar nuevamente, se hará bajo la dirección del Supervisor, con el objeto de obtener la clase de estructura especificada para la subrazante; el material así usado, se pagará al precio unitario del contrato por

metro cúbico para "Excavación no Clasificada" o "Excavación Común".

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

☛ La cubicación a pagar será el número de metros cúbicos medidos en su posición original y las cantidades por pagar se computaran según las líneas netas marcadas por estacas ,por el método del promedio de áreas, de los materiales aceptablemente excavados y desmontados según estas, especificaciones anteriormente señaladas, debiendo el contratista considerar para el trabajo el esponjamiento correspondiente cualquier volumen adicional que hubiera sido ejecutado por error en la determinación de cotas, para facilitar el trabajo o por cualquier otro motivo que no conste en planos no haya sido ordenado por el Supervisor, será por cuenta y riesgo del Contratista, y no se lo tomará en cuenta en la medición.

☛ El material prestado que se paga, es el número de metros cúbicos, medido en su posición original en la excavación y las cantidades por pagar se computaran por el método de áreas promedio. El préstamo se: clasificara como "Excavación en Suelo Blando".

☛ El material amontonado se pagará por el número de metros cúbicos medidos marcando secciones transversales de la superficie del suelo antes de colocar el material, volviendo a marcar las secciones transversales inmediatamente después que el material se haya amontonado. Las cantidades por pagar se computarán por el método de áreas promedio.

5.- Forma de pago. - Los trabajos comprendidos en estos ítems serán cancelados de acuerdo con el precio de la propuesta aceptada.

Estos ítems se pagarán al precio unitario por metro cúbico para "Excavación con maquinaria en Terreno Común" cuyo precio y pago constituirá la compensación completa por la remoción y adecuada eliminación del material de toda excavación

necesaria para la preparación, construcción y terminación del proyecto; por la remoción de montones, por el acabado final de las superficies y taludes de acuerdo con los planos; y por el suministro de obreros, equipo, instrumentos y demás operaciones inherentes para completar este ítem.

ITEMS:

EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA TERRENO COMÚN	
M3	
EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA EN TERRENO SEMIDURO	M3
CONFORMADO Y COMPACTADO DE TERRAPLEN	M3
PERFILADO Y CUNETEADO	KM

4.2.5 Excavación en Roca

1.-Definición. - Este ítem se refiere a la excavación de suelos conformados por material rocoso o conglomerados que se encuentran firmemente cementados y que obligan la utilización de procedimientos de perforación por fragmentación mecánica o por explosivos, de acuerdo a los planos de construcción, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del supervisor de obra.

2.- Materiales, herramientas y equipo

Para la excavación en roca se podrá utilizar equipo como barrenos de perforación, explosivos, cinceles y combos para fracturar las rocas.

El empleo de explosivos deberá ser evaluado y aprobado por el supervisor de obra.

3.- Procedimiento para la ejecución

El contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para no causar daño a terceros ni a la obra misma, siendo estos aspectos de su entera y exclusiva responsabilidad.

La aprobación del método que empleará el contratista no le liberará de la responsabilidad civil respecto a daños ocasionados a las construcciones existentes dentro y fuera del área de trabajo.

El personal asignado por el contratista para la ejecución de los trabajos deberá acreditar la experiencia correspondiente.

El contratista deberá estudiar la forma de aplicar el equipo más adecuado para este fin.

La utilización de explosivos será restringida y no se permitirá su empleo en áreas urbanas.

4.- Medición

Las excavaciones en rocas serán medidas en metros cúbicos, tomando en cuenta únicamente los volúmenes netos ejecutados y autorizados por el supervisor de obra.

5.- Forma de pago

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada.

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

ITEMS:	UNID.
EXCAVACION EN ROCA	M3.

4.2.6 Ripiado y Compactado de Plataforma

1.- Definición. - Este ítem comprende todos los trabajos para la ejecución de una capa de rodadura compuesta de material granular seleccionado, colocado y compactado

sobre la subrazante del camino, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con las dimensiones y las secciones típicas indicadas, los alineamientos, gradientes y espesores mostrados en los planos constructivos, ó según lo indique el Supervisor. El espesor de la capa de ripio es de 10 cm.

2.- Materiales.- El material a usarse en la conformación de la capa de ripio compactado consistirá en una mezcla bien graduada de agregados naturales con granos duros y durables o de fragmentos de agregados granulares mezclados con arena fina, arcilla, polvo de piedra u otro material similar de liga o relleno, producido por fuentes probadas que produzcan una mezcla uniforme que cumpla con los requisitos de estas especificaciones en cuanto a mantener una nivelación constante del suelo y que tenga la propiedad de compactarse en una capa de ripio estable y densa.. El material deberá estar libre de productos vegetales, lodo o excesiva cantidad de arcilla u otras substancias extrañas perjudiciales.

El material sin cribar puede usarse siempre que llene los requisitos especificados, el material de yacimiento deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Requisitos de Granulometría

Nº DE TAMIZ		% QUE PASA EN PESO
Nº	3"	100.00
Nº	2"	95.00
Nº	4	30-70
Nº	200	5-20

Este material deberá tener un CBR igual o mayor a 30% y un coeficiente de esponjamiento menor al 2% en probetas sumergidas en agua durante 4 horas según ensayo AASHTO T-180.

3.- Procedimiento para la ejecución. - Las capas de ripio granulares, que debido al tamaño de los granos o a sus formas, no son lo suficientemente estables para soportar

sin desplazarse los equipos de construcción, se estabilizaran mecánicamente.

La estabilización mecánica incluirá principalmente la adición de un material fino granular para adherir las partículas del material de la capa de ripio lo suficiente para darle una resistencia de apoyo, que la capa no se deforme bajo el tráfico del equipo de construcción.

Operaciones en Yacimientos.

La ubicación del o de los yacimientos de explotación, será necesariamente sometida a aprobación por el Supervisor antes de su explotación.

Todo trabajo que signifique limpieza y manipuleo de materiales indeseables en Yacimientos escogidos, será realizado por el contratista a su propio costo. El material que se obtenga de dichos yacimientos será manipulado de tal manera que se obtenga un producto uniforme satisfactorio a las presentes especificaciones.

Transporte del Material.

Hasta una distancia de 10,00 Km., el transporte del material granular, desde el yacimiento aprobado por el Supervisor hasta el lugar de obra, correrá por cuenta exclusiva del Contratista, debiendo este prever esta situación en sus análisis de costos.

Equipo.

Todo equipo necesario para la construcción, debe estar en el sitio de la obra en condiciones de funcionamiento de primera clase y debe ser aprobado por el Supervisor antes de comenzar la construcción., El contratista deberá tomar las medidas para suministrar agua en el sitio de la obra, por medio de equipo de amplia capacidad y de diseño tal, que pueda aplicarse uniformemente.

El equipo debe ser diseñado, construido, operado y tener la capacidad de mezclar enteramente los materiales y el agua en las proporciones indicadas para producir una capa de ripio de la nivelación y consistencia requeridas.

Se requieren como mínimo los siguientes equipos para la realización del presente ítem:

- Equipo de extracción y transporte. (Tractor, pala cargadora, volquetas).

- Motoniveladora.
- Camión cisterna o aguatero.

Además, podrán ser utilizados otros equipos de este trabajo, deberá estar disponible en el lugar de la obra, en buenas condiciones de operación y recibir la aprobación del supervisor antes de que se emita la correspondiente autorización para iniciar la construcción.

El contratista deberá tomar las provisiones necesarias para proporcionar el agua que sea requerida para una aplicación uniforme.

Preparación de la Subrazante.

Antes de colocar cualquier material granular, la subrazante natural del camino será preparada y acondicionada con un raspado y limpiado y bajo las condiciones de las especificaciones concernientes a Movimiento de Tierras. Dicha capa será verificada y aceptada por el Supervisor antes de que comiencen las operaciones de acopio del material granular seleccionado en la plataforma. Este raspado y limpiado correrá por cuenta del contratista.

El control de pendientes entre bordes del camino, será efectuado mediante estacas niveladas, colocadas en líneas paralelas al eje central del camino, a intervalos lo suficientemente próximos, de manera que permitan un adecuado control.

Para proteger la capa inmediata inferior y asegurar un adecuado drenaje, la colocación del material granular se iniciará a lo largo del eje central del camino, en la parte más alta de cualquier sección transversal.

Materiales Aceptables en las Condiciones Existentes.

Cuando el material granular pueda ser obtenido en condiciones satisfactorias y uniformes, conteniendo aproximadamente la humedad óptima requerida, el material podrá ser transportado al lugar de colocación para su inmediato esparcido y compactado.

Dependiendo del tipo de material que se extrae del yacimiento, el Contratista sugerirá

al Supervisor la conveniencia ó no de realizar una mezcla con material fino o grueso seleccionado, de manera de cumplir con los requerimientos de gradación, calidad y, consistencia. El contenido de humedad del material, será aproximadamente el requerido para obtener la máxima densidad. Cualquier diferencia o exceso de humedad deberá ser corregido mediante riego superficial o aireación. En este caso, se puede requerir alguna mezcla o batido del material, antes de proceder al compactado con el objeto de obtener el contenido de humedad necesario. La operación final consistirá en escarificado y nivelado si es necesario, para obtener una superficie suave, uniforme y con el alineamiento y pendientes correctas.

Método de Colocación.

El material granular será esparcido sobre la subrazante natural aprobada de modo que se evite la segregación y en cantidad tal que permita obtener el espesor programado después de su compactación.

Dado el espesor máximo de material granular seleccionado a ser empleado, el colocado se lo hará en una sola capa. El material extendido con motoniveladora, será de gradación uniforme, evitándose la formación de bolsones de material grueso o fino.

El material granular no podrá ser distribuido o extendido si el contratista no tiene disponible en obra el equipo necesario de compactación. Tampoco se permitirá el esparcido de material sobre una superficie de asiento con nieve, lodo u otros materiales ajenos a la subrazante natural mejorada.

Terminado y Compactado.

Después de ser extendido y distribuido el material, se procederá a su inmediata y total compactación, ya sea, mediante el pasado con volquetas cargadas o mediante rodillado. El contratista deberá proveer el equipo correspondiente según lo disponga el Supervisor con la debida anticipación. El equipo de compactación a ser usado deberá ser suficiente en número para realizar una adecuada coordinación de las operaciones de esparcido y compactado.

El compactado será ejecutado gradualmente desde los extremos hacia el centro de la

línea de construcción, o desde un extremo hacia la capa de material previamente colocada, con un traslape uniforme en cada pasada de la mitad de la huella precedente. En el caso de compactado con rodillo, cada pasada de este abarcará hasta que el área completa de cada capa haya sido compactada por el rodillo trasero. El rodillo continuará hasta que el material quede completamente fijado y estable, hasta que el material haya sido compactado a no menos del 90, de la mínima densidad obtenida por el método AASHTO T-180-D. Un reperfilado y rodillado serán ejecutados alternativamente cuando se requiera, para obtener una capa granular suave, pareja y uniformemente compactada.

El material no será rodillado cuando se detecten áreas blandas en la capa inmediata inferior o cuando el rodillado cause ondulaciones pronunciadas en la capa granular. Cuando el rodillado causa irregularidades que exceden de 3 cm., oportunamente verificadas, la superficie irregular deberá ser escarificada y rellenada con la misma clase de material que se utilice en la construcción de capa granular y nuevamente rodillada y hasta conseguir su uniformidad con el resto de la superficie.

El riego durante el rodillado, será realizado en la cantidad y con el equipo aprobado por el Supervisor. El agua no será regada de forma tal que produzca que el agua libre alcance la capa inmediata inferior y origine la formación de zonas blandas.

Control de Ejecución.

Control de la Superficie Terminada.

Después de que la capa granular sea completamente compactada, se verificará la uniformidad de la superficie y la exactitud de pendientes longitudinales y transversales. Cualquier porción que carezca de la uniformidad requerida o no cumpla con exactitud con las pendientes de bombeo, deberá ser conformadas y compactadas, o de otra manera corregida de acuerdo a las indicaciones del Supervisor, hasta que la uniformidad y exactitud requeridas sean obtenidas. La superficie terminada no podrá variar más de 1.5 cm. cuando se verifique con una regla de cinco metros aplicada ya sea en forma paralela o perpendicular al eje central de la pista.

☛ Control de Compactación.

Se realizarán ensayos de compactación PROCTOR para la determinación de la densidad máxima según el método AASTHO T-180-D, con las muestras recogidas en los bancos de préstamo, en los camellones del camino cada 500 (quinientos) metros, en un número conveniente determinado por el Supervisor.

Se determinará densidad in situ cada 100 (cien) metros lineales en los puntos cercanos, donde fueron obtenidas las muestras para los ensayos de compactación PROCTOR, siempre en el orden: borde derecho, eje, borde izquierdo, eje, borde derecho, etc. a 60 (sesenta) cm. del borde.

Determinación del contenido de humedad cada 100 (cien) metros inmediatamente antes de la compactación.

Se realizará también ensayos de CBR conforme al método AASHTO T-193, con la energía de compactación del ensayo AASTHO T-180-D, en los bancos de préstamo, camellones del camino y subrazante natural cada 500 (quinientos) metros aproximadamente, en número conveniente de ensayos determinado por el Supervisor de obra.

☛ Control de Operador.

El espesor de la capa granular terminada, será verificado mediante pequeños pozos de sondeo o mediante nivelación con relación a BM's adecuadamente ubicados de manera que cada punto de control represente no más de 500 (quinientos)m.

Cuando la deficiencia de espesor sea mayor de 1.5 (uno Coma cinco) cm., el contratista deberá corregir las áreas observadas mediante escarificado, compactación y terminar de acuerdo con estas especificaciones. El contratista reemplazará a su costo el material necesario para rellenar, compactar adecuadamente los pozos realizados para el control de espesores.

Protección.

El trabajo de la capa granular no podrá ser efectuada durante temperaturas de

congelamiento ni cuando la capa inferior esté húmeda. Cuando los agregados contengan materiales congelados o cuando la capa inferior está congelada, este trabajo deberá ser interrumpido.

Mantenimiento.

Después de completar el trabajo de construcción de la capa granular, el contratista notificará al Supervisor para su conocimiento, no debiendo autorizar el libre tránsito vehicular mientras el Supervisor así lo disponga.

Desvíos.

El contratista deberá prever y construir a su costo, desvíos del camino en los lugares que sean más aconsejables de manera de no cortar el tránsito vehicular por el camino en trabajo.

Limpieza General.

El contratista está obligado a realizar una limpieza del lugar del Yacimiento, de manera que los pozos realizados por la excavación realizada no interrumpen el curso normal de las aguas, si se trata de un río o quebrada, ó cause daños al medio ambiente natural.

4.- Medición. - La cantidad de material granular, colocado, compactado y aceptado en la plataforma, será medido en su posición final, por medio de controles de espesor efectuados por el Supervisor y de acuerdo a la sección típica exigida en los planos constructivos, tomando como unidad de medida el metro cúbico (M3).

Cualquier diferencia en defecto, deberá ser corregida inmediatamente por el contratista a efecto de respetar el espesor especificado, por el contrario, cualquier exceso de espesor o sección en la ejecución de este ítem demás de lo señalado en los planos o de las indicaciones del Supervisor, no será tomado en cuenta, considerándose como si la capa granular tuviera el espesor especificado.

5.- Forma de pago. - Las cantidades de cada capa granular, determinadas como se indica precedentemente, serán pagadas a los precios contractuales, por metro cúbico aceptado. Este precio será la compensación por el transporte, colocación y

compactación, y por toda la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para completar este Ítem de trabajo.

ITEM	UNIDAD
RIPIADO Y COMPACTADO DE PLATAFORMA 0.10 M	M3

4.3 Módulo III – Obras de Drenaje

4.3.1 Trazado y Replanteo de Obras de Arte Menor

1.- Definición. - Este Ítem comprende todos los trabajos de replanteo, ubicación, alineamiento, trazado, control de cotas, control de pendientes, nivelación, etc., necesarios para la localización y la definición física en el terreno, en general y en detalle, de badenes, alcantarillas y toda obra de arte, en estricta sujeción a los planos de construcción, documentos técnicos del contrato y/o las indicaciones del Supervisor.

2.- Materiales, Herramientas y Equipos. - El Contratista dispondrá y proveerá de todo el material propio de esta actividad necesario para la ejecución de los trabajos de trazado y replanteo de obras de arte, tales como: estacas, clavos, pinturas, tachuelas, cemento, etc. y todo aquello que considere necesario para la buena ejecución del trabajo y los deberá mantener a disposición del Supervisor mientras dure la ejecución del proyecto.

Todas las herramientas menores y el equipo topográfico necesario para las actividades de replanteo, deberán ser provistos en obra al momento de iniciar las actividades correspondientes al ítem y el Contratista proveerá todo el equipo necesario, tanto para el replanteo, trazado y nivelación de las obras de arte y garantizará la capacidad del personal dispuesto para la ejecución de los trabajos.

El Contratista deberá mantener en obra, en forma permanente y mientras duren los trabajos de ejecución, los equipos y herramientas que sean necesarios para este trabajo, poniéndolos a disposición del Supervisor, cuando éste así lo requiera.

3.- Procedimiento para la ejecución. - Todo trabajo de replanteo será iniciado previa notificación a la Supervisión, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

El Contratista hará el replanteo de todas las obras a construirse, bajo la directa supervisión del Supervisor.

La localización general, alineamientos, elevaciones y niveles de trabajo serán marcados en el campo para su verificación y deberán poseer puntos de referencia para su restitución en caso de pérdida de estacas, mojones, etc.

Los Bancos de Nivel, base, de referencia para el inicio de cualquier trabajo de replanteo, serán los constituidos por el Instituto Geográfico Militar, salvo cuando no existan, cuando el Supervisor indique lo contrario o cuando el proyecto en si no amerite tal precisión. En caso de verificarse la pérdida, sustracción o deterioro de alguno de estos puntos, el Contratista deberá establecer nuevos bancos de nivel permanentes en los mismos puntos. Este trabajo deberá ejecutarse y concluirse durante la etapa de movilización y provisión de instalaciones permanentes descrita en la Especificación "Instalación de Faenas".

Los Bancos de Nivel (BM's) referenciales o auxiliares que obtenga el Contratista para facilitar su trabajo, deben ser monumentados para permitir la seguridad de su inamovilidad y serán cuidadosamente conservados por el Contratista, siendo de su entera responsabilidad, el mantenimiento y la conservación de los mismos.

Las áreas de ubicación de las obras, deberá ser despejada, a costo del Contratista y como parte de los trabajos correspondientes al ítem, de obstáculos, ramazón, arbustos, y demás impedimentos que no permitan la facilidad del trabajo a realizar.

Una vez determinada la ubicación y cota referencial de cada obra, se referenciará la misma con un mojón situado en proximidad y que estará en un lugar de fácil acceso y en forma tal que no pueda ser destruido, en cuyo caso su reposición será por cuenta

exclusiva del Contratista. La ubicación del punto de referencia será indicada en el Libro de Ordenes, junto al esquema correspondiente, y después que se apruebe el replanteo.

Como quiera que el trabajo de replanteo sea de primordial importancia en el desarrollo posterior de los trabajos, el replanteo de cada obra deberá contar con la aprobación escrita del Supervisor, con anterioridad a la iniciación de cualquier trabajo.

Una vez aprobado el replanteo los trabajos como excavaciones deberán ejecutarse con un control permanente de niveles anchos de zanja, secciones, etc. a fin de evitar sobre excavaciones innecesarias hasta llegar a las cotas establecidas en los planos.

Nota Importante:

El contratista está en la obligación de comunicar al supervisor por escrito, y con quince días calendario de anticipación a la iniciación de cualquier trabajo, sobre cualquier omisión, error, deficiencia o discrepancia que se observara en los planos, especificaciones y otros documentos de contrato que oferte dicho trabajo. El Supervisor dará respuesta a estas comunicaciones también por escrito con las soluciones y correcciones correspondientes para proceder con las obras, en un término máximo de ocho días calendario contados a partir de la fecha de comunicación por parte del Contratista.

El supervisor realizará el control permanente de todas las operaciones de replanteo a cargo del Contratista y absolverá cualquier duda que surgiera durante estos trabajos, asimismo, se efectuarán controles posteriores de obra sin necesidad de aviso previo para determinar el correcto seguimiento de los niveles, pendientes y dimensiones que indican los planos y los documentos del contrato.

4.- Medición. - Los trabajos correspondientes a este ítem, serán medidos por pieza.

5.- Forma de pago. - Los trabajos comprendidos en este Ítem serán cancelados de acuerdo con el precio de la propuesta aceptada.

ITEM

UNIDAD

TRAZADO Y REPLANTEO OBRAS DE ARTE MENOR

PZA

4.3.2 Trazado y Replanteo de Obras de Arte Menor

1.- Definición. - Comprende los trabajos de excavación para obras de arte, para los cuales no se hace una clasificación de suelos por la complejidad de las mediciones que se deberían realizar para certificar las diferencias, dada la variación continúa de materiales en los que se sitúan estas obras. Consiguientemente, la ejecución de este Ítem puede comprender tanto material común como roca. Esto deberá ser tomado en cuenta antes de proponer el precio correspondiente a este ítem.

2.- Materiales, herramientas y equipo. -

Excavación Común.

No se requieren materiales para la ejecución de este Ítem.

En lo que se refiere a herramientas, el Contratista deberá contar con palas, picotas, barretas, carretillas y baldes en número suficiente acorde con el cronograma de obras propuesto. Estas herramientas deberán ser totalmente nuevas al inicio de las obras, y serán reemplazadas oportunamente durante el transcurso de las mismas cuando su desgaste normal impida la ejecución de una labor eficiente.

Asimismo, el Contratista deberá proveer y mantener en obra todo el equipo ofertado en su propuesta para la ejecución de este Ítem, que deberá ser mantenido y reparado en forma adecuada durante el progreso de los trabajos para evitar retrasos en su cronograma.

Excavación en Roca.

Todos los materiales como herramientas y equipo a emplearse en la ejecución de este ítem, serán sometidos a la aprobación del Supervisor antes de su utilización en obra. Los explosivos a utilizarse serán de calidad garantizada, pudiendo emplearse dinamita, nitrato u otros que el Contratista estime conveniente.

Asimismo, el Contratista proveerá los martillos, barrenos, compresoras y otro equipo que estime necesario, acorde con el trabajo a realizar, debiendo mantenerlos en la obra en forma permanente durante el tiempo que requiera la ejecución de este Ítem.

En el caso de utilización de explosivos, queda a la entera responsabilidad del Contratista el manipuleo, utilización y efectos que puedan causar por uso indebido, liberando de cualquier responsabilidad a la Supervisión por la mala utilización de los mismos.

3.- Procedimiento para la ejecución. -

Indicaciones Generales.

Una vez que los trabajos de replanteo aplicables al Ítem de excavaciones hayan sido aprobados por el Supervisor, se procederá a la excavación propiamente dicha.

Durante todo el proceso de excavación y trabajo, el Contratista pondrá el cuidado necesario para evitar daños a las estructuras que se hallen en sitios objeto de la excavación y tomará las medidas más aconsejables para mantener sin interrumpir todos los servicios existentes, principalmente de agua potable.

Los árboles, edificaciones y otros que por efecto del trabajo pudieran verse afectados, serán protegidos adecuadamente a responsabilidad del Contratista.

Bloques de roca, piedras, grava, arena y otros materiales que se encuentren durante la excavación y que pudieran ser de utilidad durante el desarrollo del proyecto, podrán ser usados por el Contratista en la misma obra.

El Contratista no tendrá derecho a remuneración especial por la observancia de las

medidas de seguridad necesarias, puesto que el pago por las mismas estará incluido en el Ítem Instalación de Faenas.

Comprende las excavaciones generales para muros de contención, cimentaciones, alcantarillas, badenes y otras.

La excavación para estas obras se sujetará a las dimensiones requeridas y la profundidad necesaria para alcanzar las cotas de base según las indicaciones que se den sobre el particular en los planos de construcción respectivos o del Supervisor.

Si fueran necesarios trabajos adicionales de entibamiento y/o agotamiento, estos correrán por cuenta del contratista, aspecto que deberá ser tomado en cuenta para la presentación de su propuesta.

En ningún caso se deberá sobrepasar la profundidad prescrita para el piso de la fosa de excavación.

En las zonas destinadas a cimentación no se debe remover la superficie de fundación. Por ello el Contratista deberá cuidar que éstas no sufran daños ocasionados por el tránsito, por el agua, por congelación y por aflojamiento del terreno. Si a pesar de ello se hubiesen aflojado suelos coherentes, el Contratista deberá cavar hasta encontrar suelo firme, inmediatamente antes de comenzar con el hormigonado.

Acontecimientos o hechos extraordinarios e imprevisibles, como por ejemplo imprevista afluencia de agua, empuje del suelo, etc., deberán ser informados inmediatamente por el Contratista al Supervisor. Las medidas a tomar serán ordenadas por el Supervisor. El Contratista no recibirá ninguna remuneración especial.

Las excavaciones de zanjas se harán a cielo abierto, de acuerdo con los planos del proyecto e indicaciones proporcionadas por el Supervisor, el que podrá, durante la excavación, introducir las modificaciones que crea necesarias.

Las dimensiones de la excavación de zanjas serán las más convenientes. Se las realizará con lados aproximadamente verticales y con anchos según planos de detalles de manera que no se remueva innecesariamente el terreno existente en las vecindades de la zanja. Todo esto con estricta sujeción a estas especificaciones y planos respectivos.

Las excavaciones de zanjas se efectuarán a mano o utilizando maquinaria; el material extraído será apilado a un lado de la zanja, de manera tal que no produzca presiones en el lado o pared respectiva, quedando el otro lado libre para la manipulación y maniobra de los materiales a ser usados.

En zanjas profundas y cuando la excavación sea a mano, se habilitarán plataformas intermedias para el traspaleo del material con un ancho adicional de 0.50 m.

El terreno podrá ser excavado a máquina hasta una distancia de 10.00 cm. de la subrazante indicada en los planos. Los últimos 10 cm. serán excavados a mano sin alterar la subrazante.

En caso de excavarse el terreno, las zanjas por debajo del límite inferior especificado en los planos constructivos o autorizados por el Supervisor, el Contratista rellenará el exceso a su cuenta y riesgo, relleno que será propuesto al Supervisor y aprobado por este antes y después de su realización.

Las excavaciones se efectuarán hasta la profundidad indicada en los planos y será adaptada para poder recibir el vaciado del revestimiento, tendido de tubería o para permitir la construcción de las cámaras de inspección, pozos de visita, o cualquier otra construcción o instalación que requiera de excavación.

Trabajos con Explosivos.

Todo el proyecto de trabajo con explosivos deberá ser informado al Supervisor y autorizado por éste. El Supervisor podrá conceder el Contratista, para una determinada obra o parte de ella, una autorización general para el trabajo con explosivos, siempre y cuando el Contratista la solicite.

El Contratista deberá concernir todas las autorizaciones oficiales y cumplir los reglamentos al respecto. El Contratista deberá tomar bajo su responsabilidad, todas las medidas de seguridad necesarias para la protección de las personas, instalaciones, edificios y equipos. Los trabajos con explosivos deberán ser ejecutados únicamente por personal especializado, debidamente aprobado por el Supervisor y no así por el aporte comunal.

Los trabajos con explosivos deberán ejecutarse de tal manera que se afloje únicamente el material que se debe retirar. No debe ser aflojado en lo posible el material cuya remoción no es necesaria.

El Contratista debe adoptar medidas adecuadas para que el transporte, manipuleo y almacenamiento de explosivos se efectúen con toda garantía para el personal e instalaciones propias y de terceros. Cualquier accidente ocasionado por los explosivos del Contratista será de su exclusiva responsabilidad, y el pago y resarcimiento de todos los daños ocasionados correrán por cuenta del mismo. No se reconocerá remuneración especial por la aplicación de las medidas anteriormente mencionadas, por cuanto su pago se halla incluido en el Ítem Instalación de Faenas. No se permitirá el almacenamiento de cartuchos de dinamita que ya están armados con sus respectivos fulminantes. Solamente se armarán para su uso inmediato. Tampoco se permitirá el cargado con explosivos de las perforaciones realizadas con taladros para ser disparados al día siguiente, debiendo procederse esta operación inmediatamente después de su cargado. El almacenamiento de dinamita y fulminantes deberá ser realizado en lugares separados, aprobados por el Supervisor siguiendo todo el procedimiento de los criterios de seguridad física de los trabajadores. El procedimiento para la detonación podrá ser eléctrico o mediante chispeado a elección del Contratista.

4.- Medición. - Los volúmenes de excavación se medirán en metros cúbicos (m³). Se autorizará a sobrepasar, los volúmenes de excavación únicamente cuando el suelo en el que se trabaja no permita cumplir con las medidas estipuladas. Esta situación se deberá informar inmediatamente por escrito al Supervisor, porque no se tomarán en cuenta en la liquidación los volúmenes de excavación en exceso que no sean por él autorizados.

5.- Bases para el pago. - Los volúmenes totales de excavación autorizada resultante de la medición descrita anteriormente, serán pagados de acuerdo a los precios unitarios consignados en la propuesta.

ITEM

UNIDAD

4.3.3 Hormigones y Morteros

1.- Definición. - Estas especificaciones gobernarán el uso de los materiales, su almacenamiento, acopio, manipuleo, dosificación y mezclado de hormigones y morteros para su uso en puentes, muros, alcantarillas y otras estructuras que están previstas dentro del proyecto.

El hormigón estará compuesto de cemento tipo Portland normal, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivos que fueran requeridos, dosificado y mezclado de acuerdo a la presente especificación.

2.-Materiales

Cemento

Los aglomerantes a ser utilizados deberán garantizar mediante pruebas, la inhibición de la reacción alcali-agregado, debiéndose realizar ensayos de reactividad potencial con los agregados y aglomerantes que se pretenden utilizar en la producción de los hormigones.

La expansión máxima del mortero no podrá superar el 0.11% a la edad de 12 días.

Para la comprobación, LA SUPERVISIÓN podrá exigir al SUPERINTENDENTE la realización de ensayos complementarios en laboratorios idóneos.

El cemento Portland deberá llenar las exigencias de la especificación AASHTO M-85. El cemento Portland con inclusión de aire deberá estar de acuerdo con las exigencias de la especificación AASHTO M-134.

Será función de LA SUPERVISIÓN aprobar el cemento a ser empleado pudiendo exigir la presentación de un certificado de calidad cuando lo juzgue necesario. Todo

cemento debe ser entregado en el lugar de la obra en su embalaje original y deberá almacenarse en lugares secos y abrigados, por un tiempo máximo de un mes, el SUPERINTENDENTE proveerá los medios adecuados para almacenar el cemento y protegerlo de la humedad aislándolo del terreno natural mediante la disposición de las bolsas sobre tarimas de madera a su vez colocadas sobre listones de madera emplazados en el terreno, las bolsas de cemento almacenadas de esta manera no deberán ser apiladas en grupos de más de 10 bolsas de alto. Se deberá utilizar un solo tipo de cemento en la obra, excepto cuando LA SUPERVISIÓN autorice de otro modo por escrito. En este caso, serán almacenados por separado los distintos tipos y no deberán mezclarse.

Las bolsas de cemento que por cualquier causa hubieran fraguado parcialmente, o contuvieran torones de cemento aglutinado, serán rechazadas. No será permitido el uso de cemento recuperado de bolsas rechazadas o usadas.

Agregados

Los agregados para la preparación de hormigones y morteros deberán ser materiales sanos, resistentes e inertes, de acuerdo con las características más adelante Indicadas. Deberán almacenarse separadamente y aislarse del terreno natural mediante tarimas de madera o camadas de hormigón.

Agregados finos

Los agregados finos se compondrán de arenas naturales, o previa aprobación de otros materiales inertes de características similares que posean partículas durables. Los materiales finos provenientes de distintas fuentes de origen no deberán depositarse o almacenarse en un mismo espacio de acopio, ni usarse en forma alternada en la misma obra de construcción sin permiso especial de LA SUPERVISIÓN.

Los agregados finos no podrán contener sustancias perjudiciales que excedan de los siguientes porcentajes, en peso, del material:

Terrones de arcilla:	ensayo AASHTO T-112	1%
Carbón y lignita:	ensayo AASHTO T-113	1%

Material que pase el tamiz No. 200: ensayo AASHTO T-11 3%

Otras sustancias perjudiciales tales como esquistos, álcalis, mica, granos recubiertos y partículas blandas y escamosas, no deberán exceder el 4% del peso del material.

Cuando los agregados sean sometidos a 5 ciclos del ensayo de durabilidad con sulfato de sodio, empleando el método AASHTO T-104, el porcentaje pesado en la pérdida comprobada deberá ser menor de un 10%. Tal exigencia puede omitirse en el caso de agregados a usarse en hormigones para estructuras no expuestas a la intemperie.

Los agregados finos que no cumplan con las exigencias de durabilidad, podrán aceptarse siempre que pueda probarse con evidencia que un hormigón de proporciones comparables, hecho con agregados similares obtenidos de la misma fuente de origen, haya estado expuestos a las mismas condiciones ambientales, durante un período de por lo menos 5 años, sin desintegración apreciable.

Las exigencias de durabilidad pueden omitirse en el caso de agregados destinados al uso en obras de arte o porciones de estructuras no expuestas a la intemperie.

Todos los agregados finos deberán carecer de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Los sometidos a tal comprobación mediante el ensayo calorimétrico, método AASHTO T-21, que produzcan un color más oscuro que el color normal, serán rechazados, a menos que pasen satisfactoriamente un ensayo de resistencia en probetas de prueba, cuando los citados agregados acusen, en ensayos efectuados en el transcurso de la ejecución de la obra, un color más oscuro que las muestras aprobadas inicialmente para la obra, su uso deberá ser interrumpido hasta que se hayan efectuado ensayos satisfactorios para LA SUPERVISIÓN, con el objeto de determinar si el cambio de color indica la presencia de una cantidad excesiva de sustancias perjudiciales.

Las muestras de prueba que contengan agregados finos, sometidos a ensayos por el método AASHTO T-71, tendrán una resistencia a la compresión, a los 7 y a los 28 días no inferior al 90% de la resistencia acusada con un mortero preparado en la misma forma, con el mismo cemento y arena normal.

Los agregados finos, de cualquier origen, que acusen una variación de módulo de fineza de 0.20 en más o en menos, con respecto al módulo medio de fineza de las muestras representativas enviadas por el SUPERINTENDENTE, serán rechazados, o podrán ser aceptados sujetos a los cambios en las proporciones del hormigón o en el método de depositar y cargar las arenas, que LA SUPERVISIÓN ordene.

El módulo de fineza de los agregados finos será determinado sumando los porcentajes acumulativos en peso, de los materiales retenidos en cada uno de los tamices U.S. Standard Nos. 4, 8, 16, 30, 50 y 100 y dividiendo por 100.

Los agregados finos serán de gradación uniforme y deberán llenar las siguientes exigencias:

Tabla 4.1
Gradación Agregados Finos

Numero de Tamiz	Porcentaje que pasa en peso por las cribas de malla cuadrada(AASHTO T-27) 100		
3/8 de pulgada	100		
No. 4	95	-	100
No. 16	45	-	80
No. 50	10	-	30
No. 100	2	-	10
No. 200	0	-	3

Los agregados finos que no llenen las exigencias mínimas para el material que pase los tamices 50 y 100, podrán usarse siempre que se les agregue un material fino inorgánico inerte aprobado, para corregir dicha deficiencia de gradación.

Los requisitos de gradación fijados precedentemente son los límites extremos a utilizar en la determinación de las condiciones de adaptabilidad de los materiales provenientes

de todas las fuentes de origen posibles. La granulometría del material proveniente de una posible fuente, será razonablemente uniforme y no deberá sufrir variaciones que oscilen entre uno y otro de los límites extremos especificados. Para determinar el grado de uniformidad, se hará una comprobación del grado de uniformidad, se hará una comprobación del módulo de fineza con muestras representativas enviadas por el SUPERINTENDENTE, de todas las fuentes de aprovisionamiento que el mismo se proponga usar.

Agregados gruesos.

Los agregados gruesos para hormigón se compondrán de piedra triturada, grava u otro material inerte aprobado de características similares, que se compongan de piezas durables y carentes de recubrimientos adheridos indeseables. Los agregados gruesos no podrán contener sustancias perjudiciales que excedan de los siguientes porcentajes:

Tabla 4.2
Límites de sustancias perjudiciales

Material	Método de ensayo AASHTO	Porcentaje en peso
Terrones de arcilla	T - 112	0.25
Material que pase el Tamiz No. 200	T - 11	1
Piezas plana o alargadas (longitud mayor que 5 veces su espesor máximo)		10
Carbón Lignito	T- 113	1
Fragmentos blandos		5

Otras sustancias inconvenientes de origen local no podrán exceder el 5% del peso del material.

Los agregados gruesos deberán tener un porcentaje de desgaste no mayor de 40%, a 500 revoluciones al ser sometidos a ensayo por el método AASHTO T-96. Cuando los agregados sean sometidos a 5 ciclos del ensayo de durabilidad con sulfato de sodio empleando las muestras designadas como alternativa (b) del método AASHTO T-104, el porcentaje en peso de pérdidas no podrá exceder de un 12%. Los agregados gruesos que no cumplan las exigencias del ensayo de durabilidad podrán ser aceptados siempre que se pueda demostrar mediante evidencias satisfactorias para LA SUPERVISIÓN, que un hormigón de proporciones comparables, hecho de agregados similares, provenientes de las mismas fuentes de origen, haya sido expuesto a la intemperie bajo condiciones similares, durante un período de por lo menos 5 años sin haber demostrado una desintegración apreciable.

Las exigencias de durabilidad pueden omitirse en el caso de agregados a emplearse en hormigones para estructuras no expuestas a la intemperie. Los agregados gruesos deberán llenar las exigencias de la tabla siguiente para el o los tamaños fijados y tendrán una gradación uniforme entre los límites especificados.

Tabla 4.3
Exigencias de Gradación para Agregados Gruesos

Graduación para agregados gruesos	TAMAÑO DE TAMICES									
	3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	2/8"	No 4	No 8
	Porcentaje en peso que pase los tamices de malla cuadrada (AASHTO T27)									
1. ½" No 4						100	90-	40-70	0-15	0-5
¾" No 4					100	95-100	100	20-55	0-10	0-5
1" No 4				100					0-10	0-5

1 ½" No 4			100	95-	95-	35-100		10-30	0-5	
2" No 4		100	95-	100	100		25-80		0-5	
2. ½" No 4	100	95-	100			10-30			0-5	
1 ½" ¾ "		100		35-70	35-70	0-15	10-30	0-5		
2" ½"			35-70	90-						
2 ½" 1 ½"	100	100	90-	100	35-70	0-5	0-5			
		90-	100	35-70						
		100	35-70	0-15	20-55					

Piedra para hormigón ciclópeo

La piedra para el hormigón ciclópeo será piedra bolón, de granito u otra roca estable y deberá tener cualidades idénticas a las exigidas para la piedra triturada a ser empleada en la preparación del hormigón.

Deberá ser limpia y exenta de incrustaciones nocivas y su dimensión mayor no será inferior a 30 cm. ni superior a la mitad de la dimensión mínima del elemento a ser construido.

Agua

Toda el agua utilizada en los hormigones y morteros debe ser aprobada por LA SUPERVISIÓN, y carecerá de aceites, ácidos, álcalis, sustancias vegetales e impurezas. Cuando LA SUPERVISIÓN lo exija, se someterá a un ensayo de comparación con agua destilada.

La comparación se efectuará mediante la ejecución de ensayos normales para la durabilidad, tiempo de fraguado y resistencia del mortero. Cualquier indicación de falta de durabilidad, una variación en el tiempo de fragüé en más de 30 minutos o una

reducción de más de 10% de la resistencia a la compresión, serán causas suficientes para rechazar el agua utilizada.

Aditivos para inclusión de aire

En caso que el SUPERINTENDENTE se decida a usar un aditivo para incluir aire al hormigón, deberá presentar certificaciones basadas sobre ensayos efectuados en un laboratorio reconocido, con el fin de probar que el material llena las exigencias de las especificaciones AASHTO M-154 (ASTM C-260), para resistencias a la compresión y flexión a los 7 y 28 días respectivamente y a los efectos del congelamiento y descongelamiento, excepto lo previsto en el párrafo siguiente. Los ensayos de sangría, adherencia y variación volumétrica no serán exigidos.

Un laboratorio “reconocido” será cualquier laboratorio de ensayo de materiales (hormigones y cementos) inspeccionado regularmente y aceptado por el CONTRATANTE

Los ensayos podrán hacerse con muestras tomadas de una cantidad remitida por el SUPERINTENDENTE para el uso de la obra, o con muestras remitidas y certificadas por el fabricante como representativa del aditivo a proveerse.

Cuando el SUPERINTENDENTE proponga el uso de un aditivo para incluir aire, que haya sido aprobado con anterioridad, deberá remitir un certificado en que se establezca que el aditivo presentado es el mismo aprobado con anterioridad. Cuando un aditivo ofrecido es esencialmente el mismo, con pequeñas diferencias de concentración que otro material aprobado con anterioridad, se exigirá un certificado que establezca que dicho producto es esencialmente igual al de la mezcla aprobada y que no contiene otro aditivo ni agente químico.

Antes o en cualquier momento, durante la construcción, LA SUPERVISIÓN podrá exigir que el aditivo seleccionado por el SUPERINTENDENTE sea sometido a ensayos para determinar su efecto sobre la resistencia del hormigón. Al ser ensayado de esta manera, la resistencia a la compresión a los 7 días, del hormigón ejecutado con el cemento y los agregados en las proporciones a emplear en la obra, y conteniendo el

aditivo a ensayar, en cantidad suficiente como para producir una inclusión de un 3% a 6% de aire en el hormigón plástico, no deberá ser inferior a un 88% de la resistencia del hormigón elaborado con los mismos materiales con igual contenido de cemento y la misma consistencia, pero sin el aditivo.

El porcentaje de reducción de resistencia se calculará de la resistencia media de: por lo menos 5 cilindros normales de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de alto de cada tipo de hormigón. Las probetas se prepararán y curaran en el laboratorio de acuerdo con las exigencias de las especificaciones AASHTO T-126 (ASTM C-192) y se ensayaran de acuerdo con las especificaciones AASHTO T-22 (ASTM C-39).

El porcentaje de aire incluido, se determinará de acuerdo con lo establecido por las especificaciones AASHTO T-152 (ASTM C-231).

Retardadores

Un hormigón que contenga retardadores al ser comparado con un concreto similar sin dichos aditivos, deberá tener las siguientes características:

- El volumen de agua para la mezcla se reducirá en un 5% o más.
- La resistencia a la compresión en el ensayo a las 48 horas no deberá acusar disminución.
- La resistencia a la compresión en el ensayo a los 28 días deberá indicar un aumento de 15% o más.
- El fraguado del concreto se retardará en un 40% o más en condiciones normales de temperatura entre 15.6°C y 26.7°C.

Cuando el régimen seleccionado de agua-cemento del hormigón sea mantenido constante:

- El asentamiento aumentará en un 50% o más.
- El ensayo de la resistencia a la compresión a las 48 horas no deberá indicar reducciones.

- Dicha resistencia a la compresión a los 28 días aumentará en un 10% o más.
- La resistencia a la congelación y descongelamiento no deberá acusar reducciones al ser comprobada con los ensayos ASTM C-290, C-291 o C-292.

El SUPERINTENDENTE deberá proveer un certificado escrito del fabricante, con el que se asegure que el producto entregado concuerda con las exigencias de la especificación. El SUPERINTENDENTE entregara resultados de ensayos realmente efectuados con esas mezclas, una vez que los mismos hayan sido realizados por un laboratorio reconocido. Dichos datos cumplirán sustancialmente las exigencias detalladas para el concreto terminado, siempre que se le agregue el aditivo mencionado.

3. - Equipo

La naturaleza, capacidad y cantidad del equipo a emplear, dependerá del tipo y dimensiones de la obra que se ejecute. El SUPERINTENDENTE deberá presentar una relación detallada del equipo a emplearse en la obra, para la consideración y aprobación de LA SUPERVISIÓN.

4.-Ejecución

Hormigón simple

Definición. - Las mezclas de hormigón serán diseñadas con el fin de obtener las siguientes resistencias características de compresión a los 28 días, las mismas que estarán especificadas en los planos o serán fijadas por LA SUPERVISIÓN.

Tabla 4.4
Resistencias Características

Clase de hormigón simple	Resistencia caract. Cilíndrica de compresión a los 28 días
PP Mayor o igual	400 Kg/cm ²
P Mayor o igual	350 Kg/cm ²
A Mayor o igual	210 Kg/cm ²

B Mayor o igual	180 Kg/cm ²
C Mayor o igual	160 Kg/cm ²
D Mayor o igual	130 Kg/cm ²
E Mayor o igual	110 Kg/cm ²

Se pueden, en casos especiales para estructuras de hormigón armado especificar resistencias características cilíndricas mayores a 210 Kg/cm² pero en ningún caso superiores a 300 Kg/cm² excepto en hormigón pretensado. Dichas resistencias deben estar controladas por ensayos previos y durante la ejecución de la obra. El contenido de cemento, agua, revenimientos y máximo tamaño de agregados será como sigue:

Tabla 4.5
Valores a cumplir por los diferentes Hormigones

Clase Horm.	Cant.Min. a/cmax. (Kg)	Relación agua/cemento s/vibr. (Lt/Kg)	Revenimiento max c/vibr. (cm)	Reve.max Agregado (cm)	Tam. Máx (cm)
Pp	500	0.36	10.2	-	2.5
P	420	0.42	10.2	-	2.5
A	363	0.49	10.2	5	2.5
B	335	0.53	10.2	5	3.8
C	306	0.58	10.2	5	3.8
D	251	0.62	7.5	4	5.0
E	196	0.75	7.5	4	6.4

Los hormigones PP y P se utilizarán en estructuras de hormigón pretensado, los hormigones tipo A y B se usarán en todas las superestructuras de puentes y en

infraestructuras de hormigón armado, excepto donde las secciones son macizas y están ligeramente armadas. Los hormigones tipo C y D se usarán en infraestructuras con ninguna o poca armadura. El tipo E se usará en secciones macizas no armadas.

El SUPERINTENDENTE no podrá alterar las dosificaciones sin autorización expresa de LA SUPERVISIÓN, debiendo adoptar las medidas necesarias para mantenerlas. La operación para la medición de los componentes de la mezcla deberá realizarse siempre "en peso", mediante instalaciones gravimétricas, automáticas o de comando manual. Excepcionalmente y por escrito LA SUPERVISIÓN podrá autorizar el control por volumen, en cuyo caso deberán emplearse cajones de madera o de metal, de dimensiones correctas, indeformables por el uso y perfectamente identificados de acuerdo al diseño fijado. En las operaciones de relleno de los cajones, el material no deberá rebasar el plano de los bordes, no siendo permitido en ningún caso, la formación de combaduras, lo que se evitará enrasando sistemáticamente las superficies finales. El hormigón con control por volumen deberá tener empleo únicamente en emergencia, siempre y exclusivamente a criterio de LA SUPERVISIÓN. Deberá ponerse especial atención en la medición del agua de mezclado, debiendo preverse un dispositivo de medida, capaz de garantizar la medida del volumen de agua con un error inferior al 3% del volumen fijado en la dosificación.

Preparación

El hormigón podrá prepararse en el lugar de la obra, o será rápidamente transportado para su empleo inmediato cuando sea preparado en otro lugar. La preparación del hormigón en el lugar de la obra deberá realizarse en hormigoneras de tipos y capacidades aprobados por LA SUPERVISIÓN. Se permitirá una mezcla manual solamente en casos de emergencia, con la debida autorización de LA SUPERVISIÓN y siempre que la mezcla sea enriquecida por lo menos con un 10% con relación al cemento previsto en el diseño adoptado. En ningún caso la cantidad total de agua de mezclado será superior a la prevista en la dosificación, debiendo mantenerse un valor fijo para la relación agua/cemento.

Los materiales serán colocados en la mezcladora, de modo que una parte del agua de amasado sea admitida antes que los materiales secos; el orden de entrada a la hormigonera será: parte del agua, agregado grueso, cemento, arena, y el resto del agua de amasado. Los aditivos deberán añadirse al agua en cantidades exactas, antes de su introducción al tambor, salvo recomendación de otro procedimiento por LA SUPERVISIÓN.

El tiempo de mezclado, contado a partir del instante en que todos los materiales hayan sido colocados en la hormigonera, dependerá del tipo de la misma y no deberá ser inferior a:

Para hormigoneras de eje vertical	1	minuto
Para hormigoneras basculante	2	minutos
Para hormigoneras de eje horizontal	1,5	minutos

La mezcla volumétrica del hormigón deberá prepararse siempre para una cantidad entera de bolsas de cemento. Las bolsas de cemento que por cualquier razón hayan sido parcialmente usadas, o que contengan cemento endurecido, serán rechazadas. No será permitido el uso de cemento proveniente de bolsas usadas o rechazadas.

Todos los dispositivos destinados a la medición para la preparación del hormigón, deberán estar sujetos a la aprobación de LA SUPERVISIÓN.

Si la mezcla fuera hecha en una planta de hormigón, situada fuera del lugar de la obra, la hormigonera y los métodos usados deberán estar de acuerdo con los requisitos aquí indicados y satisfacer las exigencias de la AASHTO M-157.

El hormigón deberá prepararse solamente en las cantidades destinadas para su uso inmediato. El hormigón que estuviera parcialmente endurecido, no deberá ser utilizado.

Transporte

En caso de que la mezcla sea preparada fuera de la obra, el hormigón deberá transportarse al lugar de su colocación, en camiones tipo agitador. El suministro del hormigón deberá regularse de modo que el hormigonado se realice constantemente,

salvo que sea retardado por las operaciones propias de su colocación. Los intervalos entre las entregas de hormigón, por los camiones a la obra deberán ser tales, que no permitan el endurecimiento parcial del hormigón ya colocado y en ningún caso deberán exceder de 30 minutos.

A menos que LA SUPERVISIÓN autorice de otra manera por escrito, el camión mezclador dotado de hormigonera deberá estar equipado con un tambor giratorio, impermeable y ser capaz de transportar y descargar el hormigón sin producir segregación.

La velocidad del tambor no será menor de dos ni mayor de seis revoluciones por minuto. El volumen del hormigón no deberá exceder del régimen fijado por el fabricante, ni llegar a sobrepasar el 80% de la capacidad del tambor.

El intervalo entre el momento de la introducción del agua al tambor de la mezcladora central y la descarga final del hormigón en obra, no podrá exceder de 90 minutos. Durante este intervalo, la mezcla deberá revolverse constantemente, ya que no será permitido que el hormigón permanezca en reposo, antes de su colocación por un tiempo superior a 30 minutos.

Colocación

La colocación del hormigón sólo podrá iniciarse después de conocerse los resultados de los ensayos, mediante autorización de LA SUPERVISIÓN.

Será necesario asimismo verificar si la armadura está colocada en su posición exacta, si los encofrados de madera, están suficientemente humedecidos y si de su interior han sido removidos la viruta, aserrín y demás residuos de las operaciones de carpintería.

No se permitirá la colocación del hormigón desde una altura superior a dos metros, ni la acumulación de grandes cantidades de mezcla en un solo lugar para su posterior esparcido.

Las bateas, tubos o canaletas usados como auxiliares para la colocación del hormigón, deberán exponerse y utilizarse de manera que no provoquen segregación de los agregados. Todos los tubos, bateas y canaletas deberán mantenerse limpios y sin

recubrimientos de hormigón endurecido, lavándolos intensamente con agua después de cada trabajo.

La colocación del hormigón bajo agua, deberá realizarse únicamente bajo la supervisión directa de LA SUPERVISIÓN. Para evitar la segregación de los materiales, el hormigón se colocará cuidadosamente en su posición final, en una masa compacta, mediante un embudo o un cucharón cerrado de fondo movable o por otros medios aprobados, y no deberá disturbarse después de haber sido depositado. Se deberá tomar un cuidado especial para mantener quieta el agua en el lugar de colocación del hormigón. Este no deberá colocarse directamente en contacto con agua en circulación. El método para depositar el hormigón debe regularse de modo que se obtenga capas aproximadamente horizontales.

Cuando se use un embudo, éste consistirá de un tubo de más de 25 cm. de diámetro, construido en secciones con acoplamientos de brida provistos de empaquetaduras. Los medios para sostener el embudo serán tales, que se permita un libre movimiento del extremo de descarga sobre la parte superior del concreto, y que pueda ser bajado rápidamente, cuando fuese necesario cortar o retardar la descarga del hormigón. El flujo del hormigón deberá ser continuo hasta la terminación del trabajo.

Cuando se coloque el hormigón con un cucharón de fondo movable, éste tendrá una capacidad superior a medio metro cúbico (0.50 m³). El cucharón deberá bajarse gradual y cuidadosamente, hasta quedar apoyado en la fundación preparada o en el hormigón ya colocado. Deberá entonces elevarse muy lentamente durante el proceso de descarga. Con esto se pretende mantener el agua tan quieta como sea posible en el punto de descarga y evitar la agitación de la mezcla.

Excepto cuando exista una autorización escrita específica de LA SUPERVISIÓN, las operaciones de colocación del hormigón deberán suspenderse cuando la temperatura del aire en descenso, a la sombra y lejos de fuentes artificiales de calor, baje a menos de 5°C, y no podrán reanudarse hasta que dicha temperatura del aire en ascenso, a la sombra, y alejado de fuentes de calor artificial alcance a los 5°C.

En caso de otorgarse una autorización escrita específica, para permitir la colocación de hormigón cuando la temperatura esté por debajo de la indicada, el SUPERINTENDENTE deberá proveer un equipo para calentar los agregados y el agua, pudiendo utilizar cloruro de calcio como acelerador, previa autorización.

El equipo de calentamiento deberá ser capaz de producir un hormigón que tenga una temperatura de por lo menos 10°C, y no mayor de 32°C, en el momento de su colocación. El uso de cualquier equipo de calentamiento o de cualquier método, depende de la capacidad del sistema de calentamiento, para permitir que la cantidad requerida de aire, pueda ser incluida en el hormigón para el cual se hayan fijado tales condiciones. No deberán usarse los métodos de calentamiento que alteren o impidan la entrada de la cantidad requerida de aire en el hormigón.

El equipo deberá calentar los materiales uniformemente y deberá evitarse la posibilidad de que se produzcan zonas sobrecalentadas que puedan perjudicar a los materiales. Los agregados y el agua utilizados para la mezcla, no deberán calentarse más allá de los 66°C. No se utilizarán materiales helados o que tengan torones de materiales endurecidos.

Los agregados acopiados en caballetes podrán calentarse mediante calor seco o vapor, cuando se deje pasar suficiente tiempo para el drenaje del agua antes de llevarlos a las tolvas de dosificación. Los agregados no deben calentarse en forma directa con llamas de aceite o gas, ni colocándolos sobre chapas calentadas con carbón o leña. Cuando se calienten los agregados en tolvas, sólo se permitirá el calentamiento con vapor o agua mediante serpentinas, excepto cuando LA SUPERVISIÓN juzgue que se pueden usar otros métodos no perjudiciales para los agregados. El uso de vapor pasando directamente sobre o a través de los agregados en las tolvas, no será autorizado.

Cuando se permita el uso de cloruro de calcio, dicho elemento se empleará en solución, y no deberá exceder de dos litros por cada bolsa de cemento, considerándose la solución como parte del agua empleada para la mezcla. La solución será preparada disolviendo una bolsa de 36 Kg. del tipo 11 de cloruro de calcio concentrado, en aproximadamente 57 litros de agua, agregando luego más agua hasta formar 95 litros de solución.

Cuando el hormigón se coloque en tiempo frío, y exista la posibilidad que la temperatura baje a menos de 5°C, la temperatura del aire alrededor del hormigón deberá mantenerse a 10°C, o más, por un período de 5 días después del vaciado del hormigón.

El SUPERINTENDENTE será responsable de la protección del hormigón colocado en tiempo frío, teniendo presente que todo hormigón perjudicado por la acción de las heladas será removido y reemplazado por cuenta del SUPERINTENDENTE.

Bajo ninguna circunstancia las operaciones de colocación del concreto podrán continuar cuando la temperatura del aire sea inferior a 6°C bajo cero.

Consolidación del hormigón

Deberá obtenerse mecánicamente una completa consolidación del hormigón dentro de los encofrados, usándose para ello vibradores del tipo y tamaño aprobados por LA SUPERVISIÓN, con una frecuencia mínima de 3.000 revoluciones por minuto. Se permitirá una consolidación manual, solamente en caso de interrupción en el suministro de fuerza motriz a los aparatos mecánicos empleados y por un período de tiempo mínimo indispensable para concluir el moldeo de la pieza en ejecución, debiendo para este fin elevarse el consumo de cemento en un 10%, sin que sea incrementada la cantidad de agua de amasado.

Para el hormigonado de elementos estructurales, se emplearán preferentemente vibradores de inmersión, con el diámetro de la aguja vibratorio adecuado a las dimensiones del elemento y al espaciamiento de los hierros de la armadura metálica, con el fin de permitir su acción en toda la masa a vibrar, sin provocar por penetración forzada, la separación de las barras de sus posiciones correctas.

La posición adecuada para el empleo de vibradores de inmersión es la vertical, debiendo evitarse su contacto con las paredes del encofrado y con las barras de armadura, así como su permanencia prolongada en un mismo punto, lo que pudiera ocasionar una segregación del hormigón.

La separación de dos puntos contiguos de inmersión del vibrador deberá ser como mínimo 30 cm. En el hormigonado de losas y placas o piezas de poco espesor, se considera obligatorio el empleo de placas vibratorias.

La consistencia de los hormigones deberá satisfacer las condiciones de consolidación, con la vibración y la trabajabilidad exigidas por las piezas a moldear. El asentamiento se medirá de acuerdo al ensayo AASHTO T-119.

Curado y protección

El hormigón, a fin de alcanzar su resistencia total, deberá ser curado y protegido eficientemente contra el sol, viento y lluvia. El curado debe continuar durante un período mínimo de siete días después de su colocación. Para el hormigón pretensado, el curado deberá proseguir hasta que todos los cables sean pretensados. Si se usa cemento de alta resistencia inicial, ese período puede ser reducido.

El agua para el curado deberá ser de la misma calidad que la utilizada para la mezcla del hormigón. El curado por membranas puede utilizarse previa autorización de LA SUPERVISIÓN.

Hormigón ciclópeo

El hormigón ciclópeo consistirá ya sea de un hormigón tipo C, D o E especificado en 4.1.1 y preparado como se describió anteriormente; conteniendo además piedra desplazadora, cuyo volumen será establecido en los planos, Disposiciones Especiales o por LA SUPERVISIÓN, se tendrá en cuenta que no se podrá sobrepasar al 50% del volumen total de la parte de trabajo en la cual dicha piedra debe ser colocada, excepto si se indicara en el diseño, previa revisión y autorización del SUPERVISOR con conocimiento del FISCAL DE OBRA.

Las piedras desplazadoras deberán colocarse cuidadosamente sin dejarlas caer, ni lanzarlas, evitando daños al encofrado, debiendo distribuirse de modo que queden completamente envueltas por el hormigón, no tengan contacto con piedras adyacentes y no posibiliten la formación de vacíos. Deberán quedar como mínimo, cinco centímetros apartadas de los encofrados.

Salvo autorización en contrario, dada por LA SUPERVISIÓN, los morteros deberán prepararse en hormigonera. Si se permite el mezclado manual, los agregados finos y el cemento deberán mezclarse en seco hasta obtener una mezcla con coloración uniforme, luego de lo cual se añadirá el agua necesaria, para obtener un mortero de buena consistencia que permita su fácil manipuleo y distribución.

El mortero que no hubiera sido utilizado dentro de los 30 minutos después de su preparación será rechazado, no permitiéndose que sea reactivado.

Los morteros destinados a la nivelación de las caras superiores de pilas y a la preparación de asientos para los aparatos de apoyo, serán de cemento y agregados finos con resistencia a los 28 días de 230 Kg/cm².

Para las mamposterías de piedra, los morteros se compondrán de una parte de cemento por tres de agregados finos en peso.

Control por la supervisión

Hormigón

Para el control de la calidad del hormigón a ser empleado en la obra, deberán efectuarse inicialmente ensayos de caracterización de los materiales.

Los ensayos de cemento deberán efectuarse en laboratorio. Cuando exista garantía de homogeneidad de producción de cemento en una fábrica determinada, acreditada mediante certificados de producción emitidos por laboratorio, no será necesaria la ejecución frecuente de ensayos de cemento.

De cada 50 bolsas de una partida de cemento, deberá pesarse una para verificar el peso. En caso de encontrarse una bolsa con un peso inferior al 98% del indicado en la bolsa, todas las demás deberán pesarse a fin de que sean corregidos sus pesos antes de su empleo.

Los agregados finos y gruesos deberán satisfacer lo especificado en 2.2.

El control del agua según lo establecido en 2.3 será necesario en caso de presentar aspecto o procedencia dudosos. La dosificación racional deberá realizarse en un

laboratorio tecnológico, por el método basado en la relación agua/cemento, previo conocimiento de LA SUPERVISIÓN.

El control de calidad del hormigón se hará en las tres fases siguientes:

Control de ejecución

Tiene la finalidad de asegurar, durante la ejecución del hormigón, el cumplimiento de los valores fijados en la dosificación, siendo indispensable para esto el control gravimétrico del diseño, la humedad de los agregados, la composición granulométrica de los mismos, el consumo del cemento y el grado de asentamiento de la mezcla, con objeto de efectuar las correcciones que fueran necesarias para mantener la dosificación recomendada.

a frecuencia de las operaciones de control antes indicadas, será función del tipo de la obra y del volumen de hormigón a ejecutar, a criterio de LA SUPERVISIÓN.

Control de verificación de la resistencia mecánica

Tiene por finalidad verificarse el hormigón fue convenientemente dosificado, a fin de asegurar la tensión mínima de rotura fijada en el cálculo. Este control se hará mediante la rotura de cilindros de prueba de acuerdo con la especificación AASHTO T-22.

El número de cilindros de prueba a ser moldeados no será inferior a cuatro para cada treinta metros cúbicos de hormigón. También se moldearán por lo menos cuatro cilindros de prueba, siempre que hubiera modificación en el diseño de la mezcla o en el tipo de agregado.

Control de la resistencia del hormigón.

definición El objeto de este control es comprobar que la resistencia del hormigón que se coloca en obra es por lo menos igual a la especificada por el proyectista.

Definiciones

- Valor característico de una variable aleatoria: Es aquel que presenta un grado de confianza del 95%.

- Resistencia característica especificada (f'_{ck}): Es el valor que adopta el proyectista como base de los cálculos. También se la denomina resistencia característica de proyecto.
- Lote de control: Es la cantidad de hormigón que, habiendo sido confeccionado y puesto en obra en condiciones sensiblemente iguales, se somete a juicio de una sola vez, pudiendo ser aceptado o rechazado.
- Extensión del lote: Es el volumen de hormigón que lo constituye, expresado en metros cúbicos.
- Unidad de producto: Es la menor cantidad de hormigón que se confecciona en las mismas condiciones esenciales. Por consiguiente, se identifica con cada amasada (fachada) cualquiera que sea el volumen de ésta.
- Muestra: Es el conjunto de probetas que se toman como representativas de un lote. El ensayo de estas probetas servirá para juzgar todo el lote. Las probetas serán cilindros de 30 cm. de altura y 15 cm. de diámetro.

Decisiones derivadas de los ensayos

Cuando $f_{est} < 0.9 f_{ck}$, se acepta el hormigón penalizándolo económicamente en forma proporcional al descenso de la resistencia, en el caso de nivel intenso de control procede a aumentar al doble el tamaño de la muestra.

Si $f_{est} < 0.9 f_{ck}$, es obligado efectuar un análisis de la influencia que tendrán en seguridad de la estructura este descenso, se deberá sacar probetas testigos en un número no menor a 6 y en el caso de sección segmentada, se sacará tres por cada segmento.

Los gastos que demande la anterior situación quedarán a cargo del SUPERINTENDENTE.

Hormigón

El hormigón a emplearse en hormigón ciclópeo deberá someterse a control de acuerdo a lo especificado.

Mortero

Los morteros se controlarán por los ensayos de calidad del agua y de los agregados finos.

Medición

La cantidad de hormigón a pagar será constituida por el número de metros cúbicos de dicho material, en sus distintas clases, colocado en la obra y aceptado. Al calcular el número de los metros cúbicos del hormigón para su pago, las dimensiones usadas serán las fijadas en los planos u ordenadas por escrito por LA SUPERVISIÓN, pero las mediciones practicadas no deberán incluir hormigón alguno empleado en la construcción de tablestacas o andamios. No incluirán moldes o andamios y no admitirán aumentos en los pagos, en concepto de una mayor cantidad de cemento empleado en alguna de las mezclas, ni para la terminación de cualquier nivel de hormigón cuya construcción estuviera prevista. En los casos donde se hubiera empleado un concreto de la clase A, cuando hubiese estado especificado uno del tipo B, C, D o E, se pagará la cantidad correspondiente a los hormigones tipo B, C, D, y E especificados.

Cuando se hubiera empleado un hormigón de clase B donde estaba especificado uno del tipo C, se pagará la cantidad correspondiente a este último tipo. No se harán deducciones en las cantidades de metros cúbicos a pagar, en concepto de volumen de acero de armaduras, agujeros de drenaje, agujeros de registro, para choque de madera, cañerías y conductos con diámetros menores de 0.30 metros ni cabezas de pilotes embutidas en el hormigón.

Donde los planos indiquen muros de cabezal de mampostería de piedra para alcantarillas de tubos, estribos para puentes o muros de contención de mampostería de piedra y el SUPERINTENDENTE haga uso de su opción de proporcionar y colocar hormigón ciclópeo del tipo indicado por LA SUPERVISIÓN, no se hará medición del hormigón ciclópeo por tal uso opcional, sino que estas estructuras deberán ser medidas y pagadas bajo el ítem Mampostería de cascotes con un mortero de cemento.

Hormigón ciclópeo

El hormigón, ya sea simple o ciclópeo, será medido por metro cúbico de hormigón colocado y aceptado, de acuerdo con las dimensiones indicadas en el proyecto o modificadas por LA SUPERVISIÓN.

Mortero

Cuando corresponde pago, el mortero será medido por metro cúbico de mortero aplicado, en función de las dimensiones indicadas en el proyecto o establecidas por LA SUPERVISIÓN en el lugar de la obra.

Hormigón

El hormigón medido en conformidad será pagado a los precios unitarios contractuales correspondientes a los ítems de Pago definidos.

Dichos precios incluyen la provisión de materiales, encofrados y apuntalamientos, la preparación, transporte, colocación, consolidación, curado, así como toda mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para ejecutar el trabajo previsto en esta Especificación.

Mortero

Cuando corresponde pago, el mortero medido en conformidad al inciso 6.2 será pagado al precio unitario contractual correspondiente al ítem de Pago definido.

En el caso de mampostería de piedra con mortero u otro tipo cualquiera de mampostería con rejuntado, el costo del mortero estará incluido en el de la mampostería.

Ítem	Descripción	Unidad
HORMIGON CICLOPEO	33% PD PARA ESTRUCTURAS	M3
HORMIGON SIMPLE TIPO A		M3
HORMIGON POBRE TIPO E		M3

4.3.4 Relleno y Compactado Para Obras de Arte Menor (no Incluye material)

1.- Definición

Efectuado la estructura de drenaje deberá recubrirse por su parte superior y laterales con material cernido para proteger el mismo y evitar laceración del mismo cuando se efectúe la compactación dinámica

2.- Materiales

El material a usar será tierra cernida obtenida del que se produzca al efectuar la excavación.

Tratándose de un trabajo manual se requerirá una zaranda de 1" y armada a una inclinación de aproximadamente 60° con relación a la horizontal, así mismo se empleará herramientas menores (vibro-apisonador dinámico, compactadores manuales, palas, picos, carretillas, etc.).

3.-Forma de ejecución

Se deberá colocar el material cernido en un espesor de 30 cm. sobre la clave del tubo, teniendo el cuidado para evitar desplazamientos o daños de estos, efectuándose la compactación con pisonos ligeros y a mano, las capas de compactación no deberán ser mayores a 15 cm. utilizándose para la compactación de la capa final un vibro apisonador dinámico, previa verificación de la altura del material.

La compactación deberá ser uniforme, debiendo emplear el constructor vibro-apisonadores dinámicos, el control de compactación se hará tomando, la densidad de campo cada 50 cm. de altura aceptándose como mínimo 90% de la densidad del ensayo del proctor modificado-180, la última capa deberá tener el 95% de la densidad del ensayo antes mencionado. El control de densidades se efectuará en tres secciones por cada 100 m

4.- Medición

La medición de este ítem se efectuará por metro cúbico de acuerdo a las secciones indicadas en planos y en las longitudes realmente ejecutadas.

5.- Forma de pago

Los trabajos correspondientes al este ítem, serán pagados de acuerdo precios unitarios presentados en el formulario de propuesta. Dichos precios constituirán la compensación y pago total por cualquier concepto de materiales, mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para ejecutar el trabajo previsto en esta especificación.

ITEM	UNIDAD
RELLENO Y COMPACTADO P/ OBRAS DEDRENAJE MENOR	M3.

4.3.5 Cama de Arena p/ asiento de Tuberías

1.-Definición. -Este ítem se refiere al empleo de apoyos o camas de asiento, empleando material apropiado y de acuerdo a los anchos, espesores y diseños establecidos en los planos correspondientes, formulario de presentación de propuestas y a cálculos de estabilidad aprobados por el Supervisor de Obra.

Estos apoyos o camas se emplearán en suelos donde no sea posible colocar la tubería directamente sobre el terreno, debido a su insuficiente capacidad de soporte y a fin de mejorar el factor de carga del tubo instalado.

Si no se encontraran presupuestados algunos de los tipos de apoyos o camas, será el Supervisor de Obra el que autorice y apruebe su empleo, de acuerdo a las necesidades de la obra, debiendo para el efecto seguir los procedimientos establecidos en el Contrato para Ordenes de Cambio.

2.-Materiales, herramientas y equipo

Para la ejecución de los apoyos o camas de asiento se utilizarán, de acuerdo a los diseños y/o instrucciones del Supervisor de Obra: tierra cernida, piedra manzana o bolón, grava, gravilla, arena y losas de hormigón simple o armado.

La piedra será de un tamaño no menor a 15 cm. o mayor, cuando las condiciones del suelo así lo exijan.

La grava deberá tener una gradación mayor a 25 mm. y la gravilla de 5 a 25 mm. La arena no deberá contener impurezas más allá de lo admisible. Los agregados deberán ser de buena calidad y la resistencia del hormigón será la indicada en los planos.

3.- Forma de ejecución

Se deberá remover el terreno inestable y reemplazarlo por el material indicado en el diseño o de acuerdo a las instrucciones del Supervisor de Obra.

Los apoyos o camas estarán constituidos por uno o combinación de los siguientes tipos:

Apoyo de tierra cernida o arena compactada

Estos tipos de apoyos serán utilizados cuando el suelo sea rocoso y presente aristas cortantes y punzantes que puedan dañar las tuberías o para mejorar la superficie de asiento de las mismas.

a) Apoyo o cama de piedra

Este tipo de apoyo se utilizará cuando el suelo sea muy compresible o inestable, saturado y de poca capacidad portante. Se retirará el suelo inadecuado y se sustituirá por piedra de calidad y tamaño adecuados, a objeto de estabilizar el suelo de fundación.

Las dimensiones finales de esta cama se acomodarán a las condiciones encontradas.

El Contratista deberá conseguir estabilizar el suelo en forma efectiva.

b) Apoyo de grava

La grava es un material que muchas veces es por si sólo suficiente para mejorar la capacidad portante del suelo.

Algunas veces la grava se colocará directamente sobre el suelo a estabilizar, una vez removido el material inadecuado y otras se colocará sobre una capa de piedra.

Los lechos de grava se utilizarán además en suelos saturados, ya que permiten drenar las zanjas mientras se bombea el agua, evitando de esta manera la erosión del fondo.

c) Apoyo de gravilla

La gravilla se utilizará para nivelar el fondo de la zanja, antes de colocar los tubos. Además, su granulometría ayudará a resguardar la tubería de daños por cortes o punzonamiento.

La gravilla se colocará sobre una cama de grava. En suelos firmes y no saturados podrá ser colocada directamente sobre el suelo de fundación.

La gravilla, lo mismo que la grava, actúan además en suelos saturados, como drenaje durante el bombeo o agotamiento de las zanjas.

Estos materiales permiten que la instalación de los tubos sea efectuada en condiciones favorables.

En casos específicos, la gravilla se colocará en torno al tubo hasta cierta altura, a objeto de mejorar su factor de carga de acuerdo a cálculos de resistencia.

d) Apoyo de losa de hormigón

En el caso de suelos críticos se considerará la utilización de losas de hormigón simple ú hormigón armado, a objeto de proteger los tubos de roturas por asentamiento.

Para la elaboración de los hormigones deberá cumplirse con los requisitos establecidos en la Norma Boliviana del Hormigón CBH-87.

e) Apoyo con pilotes

Este tipo de apoyo será empleado en terrenos donde el nivel freático se encuentre por encima de la cota de tendido de las tuberías y cuya capacidad portante no se logre mejorar con los apoyos descritos anteriormente. Los pilotes podrán ser de madera cuchi o almendrillo, de 3 a 4 metros de longitud y de 4" x 4" de sección o aquellas dimensiones que se encuentren establecidas en los planos de detalle.

Los pilotes se ubicarán a 70 cm. de distancia entre sí y dispuestos en tres bolillos. Sin embargo, la separación entre pilotes, las longitudes y secciones podrán ser modificadas por el Supervisor de Obra de acuerdo a las necesidades y exigencias de la obra.

4.- Medición

Los apoyos o camas de asiento serán medidos en metros cúbicos tomando en cuenta únicamente los volúmenes autorizados y aprobados por el Supervisor de Obra.

En el caso de pilotes, los mismos serán medidos por pieza debidamente colocada.

5.- Forma de pago

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada.

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

ITEM

UNIDAD

CAMA DE ARENA PARA ASIENTO DE TUBERIA.

M3.

4.3.6 Tubería de Metal Corrugado para Alcantarillas

1.-Definición. - Este trabajo se refiere a caños corrugados de chapas metálicas galvanizadas de los tipos y tamaños indicados en los planos, provistos e instalados en los lugares determinados por dichos planos o fijados por el SUPERVISOR, de acuerdo con las presentes especificaciones y de conformidad con los alineamientos y cotas indicados.

Este trabajo incluye también la provisión y construcción de todas las juntas y conexiones con otros caños, resumideros y muros terminales que puedan ser necesarios para completar la obra de arte de acuerdo con los planos.

Donde se requiera, se incluirán a este trabajo extensiones de alcantarillas tubulares de metal corrugado.

2.- Materiales, herramientas y equipo

Los caños corrugados metálicos serán de los tipos, dimensiones y espesores indicados en el pliego de licitación excepto que cuando no figuren en el mismo espeso, se podrá proveer cualquier espesor, según el diámetro del caño, de acuerdo con lo que al respecto indica la especificación AASHTO M-36. Cuando los planos o especificaciones especiales fijen el suministro de caños elípticos aproximada, con el diámetro vertical mayor en un 5% y el horizontal menor en un 5% que el diámetro nominal especificado. Especificaciones que no indiquen caños elípticos, el CONTRATISTA por su cuenta, podrá emplearlos en lugar de caños redondos en los lugares que prefiera.

a) Cano metálico corrugado, galvanizado. - Este tipo de caño llenará las exigencias de las especificaciones AASHTO M-36.

b) Caño metálico corrugado, pintado con bitumen. - Los caños metálicos cubiertos con una capa bituminosa serán del tipo corrugado y galvanizado, de acuerdo con las exigencias de la especificación AASHTO M-36, o a la opción del CONTRATISTA, diferir con los requisitos M-36 en que la tubería sea de tipo encajable en lugar de remachado. La tubería encajable no tendrá protuberancias objeccionables que afecten adversamente la compactación del relleno en los lados de la tubería. La tubería estará uniformemente pintada en su interior y exterior con un cemento asfáltico cuya capa tendrá un espesor mínimo de 0.05 metros y sujeta a las siguientes exigencias:

1) Asfalto. - El asfalto para cubrir los caños tendrá las siguientes propiedades:

LIMITES PORCENTAJE	METODO DE ENSAYO
Bitumen soluble en tetracloruro de carbono, no menos de 99,5	ASHTO T-45
Perdida en el calentamiento a 16° F, no mayor de 1	AASHTO T-47
Penetración de los residuos después calentamiento, comparada con la penetración de una muestra del	AASHTO T-49

mismo material antes de su ensayo de pérdidas por el calentamiento, no menor de 95	
--	--

Muestras. - Todos los ensayos con la pintura bituminosa se harán con muestras tomadas del caño entregado o listo para ser entregado a la obra.

Una muestra de 5 onzas de dicho recubrimiento bituminoso se obtendrá recogiendo raspaduras de la misma parte interna superior de una o más secciones de caño. (Se tendrá cuidado al tomar dichas muestras de evitar una contaminación debido a arenas o saponita que pueden haber sido aplicadas después de la inversión del caño en la pintura).

Ensayo al choque. - La capa final del caño así pintado, para resistir un manipuleo en tiempo frío se puede determinar cuando pase con éxito el siguiente ensayo de choque:

Aparato de Ensayo. - El aparato de ensayo de choque comprenderá especialmente de un yunque metálico rígido o placa de base, de un espesor no inferior a media pulgada, apoyado sobre una fundación sólida y un martillo de 2000 gramos de peso dispuesto para caer libremente por medio de guías adecuadas, contra un émbolo de mil gramos de peso, que se mueve libremente en una muesca vertical. El extremo inferior del émbolo tendrá forma hemisférica, con un radio de media pulgada. El martillo será sujetado a su mecanismo por medio de un dispositivo disparador a una distancia de 5.1/8 de pulgada encima del émbolo.

Se harán moldes ranura dos de latón, para preparar las probetas amalgamando su superficie para evitar que se peguen y los moldes serán unidos por aros de deslizamiento colocados a presión sobre las superficies externas ligeramente cónicas.

Procedimiento. - Se preparan cuatro probetas de ensayo, en forma de discos de 3/8 de pulgada de espesor y de 1.3/4 de pulgada de diámetro.

Unas cuatro onzas de la muestra del material serán calentadas sobre una llama baja que se vuelven fluidas, después de lo cual se las colocará en un molde o Se tendrá cuidado para fundir la muestra a la temperatura más baja posible. La muestra será revuelta intensamente hasta que resulte homogénea y carezca de burbujas de aire cuando tenga

que ser vertida en los moldes. El material se verterá en un cilindro de un diámetro de 1.3/4 de pulgada y de una longitud tal que las 4 probetas de ensayo se puedan cortar del mismo cilindro mediante el uso de unas tenazas.

Dos de las muestras empleadas en el ensayo de choques podrán emplearse en el ensayo de fluidez, con posterioridad.

Las cuatro probetas deberán enfriarse en una salmuera de hielo y sal, a una temperatura de 30° F, durante un período de por lo menos una hora sobre el yunque del aparato de ensayo, centrándola debajo del émbolo.

Después el martillo será disparado desde una altura de 5.1/8 de pulgada. No deberán transcurrir más de ocho segundos entre el momento en que cada probeta sea retirada de la salmuera y el momento en que el martillo aplique el golpe al émbolo.

Cuando se trate de un material aceptable no más de una entre las cuatro probetas, deberá acusar fisura miento. Cuando resulte difícil determinar en forma visual, cuando una probeta se haya agrietado, podrá ser retirada del aparato de ensayo y doblada ligeramente.

Ensayo de fluidez. - La habilidad del recubrimiento asfáltico del caño para mantenerse en su lugar y no escurrirse o desprenderse durante las temperaturas del verano se indica al pasar con éxito el siguiente ensayo de fluidez:

Aparato. - El aparato para el ensayo de fluidez consistirá en una placa de latón corrugado, de 0.3 pulgadas de espesor, 8 pulgadas de largo, y 4 pulgadas de ancho, con corrugaciones que corran a lo largo de la placa y un soporte metálico para sujetar esta última a un ángulo de 45 grados con la horizontal. Las corrugaciones tendrán una dimensión de cresta a cresta de 5/8 de pulgada y una profundidad de 3.1/6 de pulgada. Se trazará una línea distante 6 pulgadas del borde inferior.

Se emplearán moldes ranura dos similares a los especificados arriba para el ensayo de choque.

Procedimiento. - Dos probetas de ensayo de forma cilíndrica, cada una de 3/8 de pulgada de diámetro y 3/4 de pulgada de largo, se obtendrá vertiendo el bitumen

fundido en exceso para el ensayo de choque, a los moldes amalgamados de latón. Cada probeta deberá colocarse en una corrugación de la placa corrugado, inclinada a 45 grados de modo que el extremo inferior de cada probeta se apoyará exactamente a lo largo de la línea trazada a 6 pulgadas del borde inferior de la corredera.

El aparato de ensayo con las probetas en su lugar, se colocará después en un horno mantenido a 150°F (más o menos 2 grados). Después de 4 horas será retirado dejándolo enfriar a temperatura de ambiente. La distancia desde el fondo de la placa corrugado al borde inferior de cada probeta de ensayo, restado de 6 pulgadas, determina la cantidad de desprendimiento o flujo. Para ser aceptable la fluidez no deberá exceder de 1/4 de pulgada para cada una de las dos probetas.

Ensayo de impermeabilidad. - La impermeabilidad del recubrimiento asfáltico se determinará colocando 25 a 50 milímetros de una solución de ácido sulfúrico al 25%, una solución de hidróxido de sodio al 25% y una solución de hidróxido de sodio al 25% y una solución saturada de sal, en tres corrugaciones adyacentes del caño pintado o en tres corrugaciones de una sección de tres o cuatro pulgadas, cortada del caño. Las tres soluciones deberán permanecer en las corrugaciones por un período de 48 horas, durante cuyo tiempo no deberá haberse producido un aflojamiento o separación de la pintura sobre el metal galvanizado.

Caños metálicos, corrugados invertidos, pavimentados con bitumen. - Este tipo de caño pavimentado con bitumen llenara las exigencias establecidas precedentemente en (b), siendo pavimentado con cemento asfáltico, sobre el fondo en un cuarto de su circunferencia. Todas sus acanaladuras serán llenadas, y el material de pavimentación se extenderá a 1/8" sobre la cresta de las corrugaciones.

Caños metálicos corrugados unidos con amianto. - Estos caños de fabricación con chapas de amianto y el metal básico que los componga deberán llenar las exigencias de la especificación AASHTO M-36. Ambos lados de las chapas metálicas se cubrirán con una chapa de fibra de amianto aplicadas a presión en el medio ligante de zinc fundido. Inmediatamente después de que la ligazón metálica se haya solidificado, las fibras de amianto se impregnarán con un saturador bituminoso. Las chapas terminadas

serán de una calidad comercial de primera clase, carentes de ampollas y puntos no pintados. Las Chapas se fijarán a las secciones de alcantarilla, de acuerdo con el método AASHTO M-36 y se les aplicará un revestimiento bituminoso, de acuerdo con las exigencias establecidas en (b) mas arriba.

Caños corrugados, invertidos, pavimentados y ligados con amianto. - Este tipo de caño deberá llenar las exigencias establecidas preferentemente en (d), serán pavimentados con cemento asfáltico sobre su fondo y una cuarta parte de circunferencia. Todas sus acanaladuras se llenarán de material de pavimentación y se extenderá 1/8" por sobre las crestas de las corrugaciones.

3.- Forma de ejecución

Excavación, colocación y rellenado. - Estos trabajos se deberán realizar de acuerdo con las exigencias establecidas en los planos constructivos.

Colocación de caños. - Los caños se colocarán con las secciones separadas, firmemente unidas entre sí, y con las solapas externas de las juntas de circunferencia apuntando corriente arriba y las solapas longitudinales ubicadas a los costados del caño.

Se prepararán medios adecuados para bajar los caños cuando estos deban colocarse en una trinchera. El caño se colocará cuidadosamente en el alineamiento y a las cotas correctas. Todo caño mal alineado, indebidamente aceptado después de su colocación, o bañado, será extraído y recolocado o reemplazado, sin derecho a compensación alguna.

Los caños pavimentados se colocarán con la superficie del pavimento en la línea de escurrimiento de la alcantarilla.

Todos los caños serán transportados y manipulados de modo que se evite su abollamiento, escamado o roturado de sus recubrimientos protectores.

Todos los puntos del caño donde dichos recubrimientos hayan sido dañados o destruidos, serán cubiertos con dos manos de pintura asfáltica caliente, o reparado en

alguna otra forma satisfactoria. En ningún caso podrán los caños arrastrarse sobre el suelo.

Los caños elípticos deberán colocarse con su eje mayor dentro de 5 grados de la vertical.

Apuntalamiento de caños. - Cuando los planos indiquen un apuntalamiento de los caños redondos, su diámetro vertical será aumentado en un 5%, por medio de criques adecuados, aplicados después de haberse colocado todo el largo del caño en la alcantarilla, en el lecho preparado y antes de rellenar. El 5% de aumento será uniforme en todo el largo de la alcantarilla excepto que, cuando los planos verifiquen, podrá reducirse gradualmente debajo de los taludes laterales del terraplén, hasta llegar a cero en los extremos de la alcantarilla. El caño se mantendrá en esta forma al medio de repisas y puntales, o por tensores horizontales, de acuerdo con los detalles indicados en los planos. En los caños invertidos, pavimentados, sólo deberán usarse tensores horizontales.

Cuando los planos establezcan un apuntalamiento de caño elípticos, formados en fábrica, no se exigirá un aumento del diámetro vertical, sino que los caños serán apuntalados o estirados de acuerdo con los detalles indicados con los planos. En los caños invertidos, pavimentados, solamente se usarán tensores horizontales.

Los tensores y puntales se dejarán en un lugar hasta que el terraplén haya sido terminado y compactado, a menos que el SUPERVISOR establezca otra cosa.

4.- Medición

Las cantidades a pagar por este concepto se medirán en número de metros lineales del caño de distintos tamaños y espesores, medidos durante su instalación, terminados y aceptados.

La medición será el promedio de los largos medidos en la parte superior y el fondo del caño, sobre su eje.

5.-Forma de pago

Las cantidades medidas en la forma precedentemente indicada, se pagarán a los precios de la propuesta aceptada. Dichos precios y pagos serán compensación total en concepto de suministro, transporte e instalación de la tubería, mano de obra, herramientas, equipo e incidentales, necesarios para terminar y aceptar a la estructura.

ITEM	UNIDAD
PROV. Y COLOC. ALCANT ARMCO D= 40”	ML.
PROV. Y COLOC. ALCANT ARMCO D= 48”	ML

4.3.7 Demolicion de Estructuras Existentes

1. Definición.- Este ítem comprende la demolición o remoción de estructuras que debe ejecutarse antes de iniciar los trabajos.

2. Materiales.- El SUPERINTENDENTE proveerá todos los materiales, herramientas y equipo necesarios, para realizar las actividades de demolición.

3. Forma de Ejecucion.- Una vez determinadas con el Supervisor de Obra las partes a demolerse, el SUPERINTENDENTE procederá de inmediato a la demolición.

El SUPERINTENDENTE cuidará de no afectar la estabilidad de la estructura existente al efectuar las demoliciones, siendo responsable por cualquier daño que este ocasionará.

Cualquier defecto producido por la demolición en las partes existentes deberá ser subsanado por el SUPERINTENDENTE.

Todas las áreas de demolición deben estar debidamente aisladas y señalizadas, demarcando todo el perímetro de la zona con cinta de seguridad, asimismo, se deben instalar letreros preventivos, que indiquen el riesgo de la actividad que se está realizando.

Para el desarrollo de este Ítem, se dotará a los trabajadores máscaras de filtro para protección de las vías respiratorias y lentes antipartículas y antipolvo, además de casco, botas de seguridad y guantes de cuero.

Cualquiera que sea el método de demolición que se aplique, los elementos de concreto se deberán fragmentar lo menos posible en el sitio de obra, con el fin de disminuir el tiempo de duración de la presión sonora ejercida sobre el área a intervenir.

Los escombros que se generen serán acordonados, apilados y cubiertos en forma tal, que no impida el paso de los peatones o dificulte la circulación vehicular, evite la erosión eólica o el arrastre del mismo por la lluvia, para su posterior traslado y disposición final. En el caso que la demolición efectuada, no genere una cantidad considerable de escombros, éstos deberán ser evacuados en un máximo de 48 horas.

4. Medicion.- Las demoliciones se medirán: en metros cúbicos así mismo la medición debe hacerse antes de ejecutarse.

5. Forma de pago.-El pago por este ítem se hará por precio de metro cubico demolido de acuerdo al precio unitario correspondiente.

ITEM	UNIDAD
DEMOLICION DE OBRAS EXISTENTES	M3

4.4 Obras Complementarias

4.4.1 Cartel Tipo

1.-Definición. - Este ítem se refiere a la provisión y colocación de uno o más letreros referentes a la construcción de obras, de acuerdo a instrucciones del Supervisor de Obra e institución financiadora del proyecto.

Estos letreros deberán permanecer durante todo el tiempo que duren las obras y será de exclusiva responsabilidad del Contratista el resguardar, mantener y reponer en caso de deterioro y sustracción de los mismos.

2.- Materiales, herramientas y equipo

El Contratista proporcionará todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para la ejecución de los trabajos, los mismos deberán ser aprobados por el Supervisor de Obra.

Para la fabricación de los letreros se utilizará madera de construcción, pinturas al aceite de coloración amarilla, blanca y negra.

La sujeción de las tablas a las columnas de madera se efectuará mediante tornillos.

En caso de especificarse la ejecución de letreros en muros de adobe o ladrillo, los mismos serán realizados en las dimensiones y utilizando el tipo de cimentación establecidos en los planos de construcción.

3.- Forma de ejecución

Se deberán cortar las tablas de madera, de acuerdo a las dimensiones señaladas en los planos de detalle, cuyas caras donde se pintarán las leyendas deberán ser afinadas con lijas de madera, a objeto de obtener superficies lisas y libres de astillas.

Sobre las caras afinadas se colocarán las capas de pintura blanca y amarilla, según lo establecido en los planos de detalle, hasta obtener una coloración homogénea y uniforme.

Una vez secas las capas de pintura, se procederá al pintado de las leyendas, mediante viñetas y pintura negra, cuyos tamaños de letras serán los especificados en los planos de detalle.

Las tablas debidamente pintadas y con las leyendas correspondientes, serán fijadas mediante tornillos a columnas de madera, las mismas que luego serán empotradas en el suelo, de tal manera que queden perfectamente firmes y verticales.

En el caso de suelos no suficientemente firmes, las columnas de madera serán empotradas en bloques de hormigón.

En el caso de letreros en muros de adobe o ladrillo, en reemplazo de letreros de madera, los mismos deberán llevar un acabado de revoque de mortero de cemento en proporción

1: 3, incluyendo la malla de alambre para muros de adobe. Encima de este revoque se efectuará el pintado tanto del muro como de las leyendas indicadas en los planos de detalle.

4.- Medición

Los letreros serán medidos por pieza instalada y/o en forma global, debidamente aprobada por el Supervisor de Obra, de acuerdo a lo señalado en el formulario de presentación de propuestas.

5.- Forma de pago

Este ítem será pagado de acuerdo a los precios unitarios de la propuesta aceptada, que incluyen todos los materiales, herramientas, mano de obra y actividades necesarias para la ejecución de este trabajo.

ITEM

UNIDAD

CARTEL TIPO

PZA.

4.4.2 Limpieza General

1.-Definición. - La obra será entregada completamente libre de materiales excedentes y de residuos. La limpieza se la deberá hacer permanentemente con la finalidad de mantener la obra limpia y transitable.

Una vez terminada la obra de acuerdo con el contrato y previamente a la recepción provisional de la misma, el contratista estará obligado a ejecutar, además de la limpieza periódica, la limpieza general del lugar.

2.- Materiales, herramientas y equipo

El Contratista proporcionará todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para la ejecución de los trabajos, los mismos deberán ser aprobados por el Supervisor de Obra.

3.- Forma de ejecución

Se transportarán fuera de la obra y del área de trabajo todos los excedentes de materiales, escombros, basuras, andamiajes, herramientas, equipo, etc. a entera satisfacción del Supervisor de Obra.

Se lustrarán los pisos de madera, se lavarán y limpiarán completamente todos los revestimientos tanto en muros como en pisos, vidrios, artefactos sanitarios y accesorios, dejándose en perfectas condiciones para su habitabilidad.

4.- Medición

La limpieza general será medida en metro cuadrado de superficie construida de la obra o en unidad que se encuentre señalada en el formulario de presentación de propuestas.

5.- Forma de pago

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada.

Dicho precio será compensación total por los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución del trabajo.

ITEM

UNIDAD

LIMPIEZA GENERAL

GBL.

5. CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Al concluir el presente trabajo en base a la propuesta planteada por el Servicio Departamental de Caminos, en representación de la Gobernación del Departamento de Tarija y aprobado por el Departamento de Vías y Topografía de la Universidad Juan Misael Saracho se llegó a las siguientes conclusiones.

Se concluye con este proyecto “Estudio de ingeniería mejoramiento de camino tramo El Rosal – León Cancha”, que se alcanzó realizar el diseño geométrico, en base a datos obtenidos en campo, como ser topografía del lugar en estudio e información de las características de la zona.

Se concluye que se realizó el trabajo de gabinete alcanzando a realizar el diseño en planimetría, altimetría y diseño transversal, y se elaboraron los planos correspondientes al estudio.

Se obtuvieron los volúmenes de movimiento de tierras mediante un paquete computacional para diseño de carreteras Civil 3d.

Como complemento se realizó el cálculo hidráulico para obras de arte planteadas en el trazado y también se realizó un cálculo volumétrico de las diferentes obras de arte menor, pero no se tomó en cuenta el diseño del puente por ser esta parte de otra tesis.

Se concluye también que se elaboró un presupuesto general de los volúmenes obtenidos en el diseño, los cuales deben ser actualizados al momento de ser licitado.

Se concluye que obtuvo así un camino característico de una ruta departamental, aplicando a este diseño los parámetros exigidos por la norma boliviana de carretas (ABC), logrando mejorar la geometría del camino en base a radios de curvatura

mínimos, aplicados a curvas horizontales simples y curvas de transición, se adoptó una velocidad de diseño, se empleó rectas máximas y mínimas, se mejoró las pendientes, ensanchamiento de plataforma, peralte máximo.

Por tratarse de un camino local III, según norma la pendiente máxima es de 9%, pero en consecuencia se concluye que se trabajó con pendiente máxima de 8% por tratarse de un camino de montaña que supera los 2000 m.s.n.m.

Se logró elaborar el estudio basado en la ingeniería de caminos con la finalidad de realizar un mejoramiento a una ruta departamental de Tarija, beneficiando a las comunidades principales del proyecto, El Rosal y la comunidad de León Cancha. Cumpliendo con el alcance propuesto invocado a la ingeniería vial donde se desarrollaron los estudios necesarios lograr un adecuado diseño geométrico y estructural del camino, acorde a los requerimientos del SEDECA y Gobernación del Departamento de Tarija.

En primera instancia se recopiló toda la información, acudiendo a bibliografías necesarias para la elaboración del trabajo, se tomó en cuenta sobre todas las bibliografías la norma de la Administradora Boliviana de Carreteras ABC, la cual esta adecuada con los parámetros de diseño necesarios para el diseño de nuestros caminos de Bolivia.

En función a las características del lugar y el tipo de topografía que presenta la zona en estudio se categorizó el tipo de camino a emplear para la realización del diseño geométrico el cual corresponde a la categoría de un camino local por caracterizarse la zona con topografía montañosa y un nivel de tráfico alto, se consideraron pendientes según norma y velocidad acorde al lugar.

Se concluye que se realizó un análisis hidrológico para determinar los caudales de las cuencas de aporte, se trabajó con las estaciones pluviométricas de la zona del Campanario, León Cancha, y Trancas siendo estas las más cercanas y con mayor número de datos, de esta manera se obtuvo los caudales razonables de diseño de las obras de drenaje.

Al tratarse de una ruta fundamental de los caminos de Bolivia, que une al departamento de Tarija con la frontera del departamento de Chuquisaca (Carapari Rio Pilaya). Este estudio nace con la continuación a un estudio ya realizado por SESECA que comienza en el Puente Unión Europea y culmina en El Rosal. El tramo de ingeniería realizado contribuirá a fortalecer esta ruta que es de suma importancia para el departamento, y a su vez beneficiará a comunidades aledañas como ser la comunidad de Criva, Quirusillas, San Pedro de Las Peñas, etc.

Se realizó ensayos de laboratorio de suelos para determinar el tipo de material que se encuentra en la zona, el cual se realizó la clasificación de suelos, compactación T-180, y el ensayo de CBR, los cuales se presentan en el anexo VII

Se determinó el presupuesto total de la construcción llegando al monto de 8.706.292,19 Bs. Con un costo por kilómetro de 1.451.048,70Bs.

Se concluye que el presente trabajo es factible técnicamente ya el diseño se realizó en condiciones reales referente a las características topográficas y geológicas de la zona en emplazamiento.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda tener muy en cuenta antes de iniciar cualquier tipo de estudio o en este caso apertura de un camino nuevo, la previa consulta o consenso a los pobladores de la zona, para evitar problemas de carácter social, referente al impacto directo a sus terrenos adyacentes en el tramo.

Se sugiere al estudio realizado completarlo con un estudio socio-económico a fin de evaluar con más claridad la viabilidad del mismo tomando con parámetros la producción y la población directa e indirecta que se beneficiaría con el proyecto.

Se recomienda incluir un presupuesto para medidas de mitigación ambiental del tramo en estudio.

Se recomienda que si el estudio forma parte de una licitación, realizar la actualización de los precios unitarios y el presupuesto general, con la finalidad de asegurar el estudio a un precio actual.

Es de prioridad un mantenimiento rutinario y adecuado para reducir al mínimo los costos de reparación a largo plazo, particularmente en lo que se refiere a las cunetas y estructuras de drenaje. El mantenimiento periódico debería incluir limpieza de alcantarillas, entradas y cunetas, eliminar el arrastre de las estructuras de drenaje. El mantenimiento puede incluir también armaduras de las salidas de tuberías, reemplazando o agregando zampeado, colocando rocas donde sea necesario o repoblando vegetación.

Se recomienda para el diseño del drenaje, se usen métodos hidrológicos e hidráulicos apropiados y se realice un estudio de topografía local. También se recomienda incluir discusiones de campo con miembros de la localidad, quienes están familiarizados con el área y los problemas de drenaje. Finalmente, el camino deberá examinarse durante las tormentas para conseguir información de primera mano sobre problemas y necesidades de desagüe, ya que el sistema de drenaje es el aspecto más importante del diseño de caminos.