

1 INFORMACION DE CONTEXTO

1.1 Localización Geográfica y Política

El proyecto geográficamente se encuentra ubicado al sur de Bolivia, específicamente en el Departamento de Tarija, dentro de la provincia Méndez primera sección de San Lorenzo; las comunidades o cantón beneficiarias son: Carachimayo Sud donde inicia el Proyecto, Carachimayo Centro y Carachimayo Norte donde concluye el tramo de estudio.

La provincia Méndez se encuentra formando parte del Valle Central de Tarija, y parte de las serranías de la zona Sub Andina al Norte. La fisiografía de la Provincia es bastante variada, en su conformación topográfica existen zonas de mesetas, crestas, terrazas, fondos de valle y planicie.

La Primera Sección de la Provincia Méndez se encuentra ubicada al este de la provincia, entre los paralelos $20^{\circ} 57'$ y $21^{\circ} 36'$ de latitud sud y $64^{\circ} 25'$ y $64^{\circ} 58'$ de longitud oeste. San Lorenzo, Capital de la Primera Sección San Lorenzo, limita al norte con el departamento de Chuquisaca, al sur con las Secciones Municipales de Cercado y Avilés, al este con las Secciones Municipales de Cercado y O'Connor y al oeste con la Segunda Sección Municipal de la Provincia Méndez El Puente. En el siguiente mapa se observa la provincia Méndez y su ubicación en el departamento de Tarija:

Figura N°1.1: Provincia Méndez



La parte montañosa posee un relieve que va de empinado a escarpado con frecuentes afloramientos rocosos y la vegetación predominante son los pastizales en terrenos inclinados, mientras que en las quebradas abundan los arbustos y gramíneas, constituyéndose en una zona apta para el pastoreo del ganado.

La parte baja o del Valle, constituye una zona aluvial caracterizada por ser cultivable, con suelos arcillosos, arenosos, y presencia de grava, que van de moderadamente profundos a profundos y regularmente bien drenados.

1.2 División Política y Administrativa

Se tiene a la Prefectura del Departamento como máxima autoridad de la Provincia en sus dos instancias, es decir legislativa (Concejo Departamental) y ejecutiva (Subprefectura Prov. Méndez). La Subprefectura de la provincia Méndez tiene a los Corregidores como autoridad en los cantones o distrito.

2 JUSTIFICACION

El desarrollo de un país se mide por la integración vial, por la dotación de infraestructura de apoyo a la producción, es muy importante que también las comunidades rurales sean parte de este desarrollo, para que puedan vincularse con el resto de la región y el departamento. El proyecto tendrá un gran impacto sobre la sociedad de las comunidades rurales.

El tema de la existencia y el estado del camino es uno de los que está permanentemente presente en el diario vivir de las personas, tanto por la necesidad de traslado de personas, por motivos laborales, educacionales, de esparcimiento o de acceso a establecimientos de salud a donde llevar los enfermos, como por motivos productivos que implica la movilización de carga desde un origen productivo y un destino de consumo (o intermedio).

Pero así mismo, las carreteras son fuente de accidentes mucho de los cuales se evitarían con buenos trazados buen estado de las vías adecuadas demarcaciones y señalamientos.

En vista de la importancia que constituye este camino se vio la necesidad de realizar un estudio para este proyecto para buscar una solución que beneficie al cantón Carachimayo y comunidades aledañas.

El proyecto además de brindar un acceso establece una promoción integral del área de la zona, el camino de estudio estará dispuesto de manera que beneficia a los propios comunarios del cantón Carachimayo y aledañas.

Dicho camino se encuentra en malas condiciones especialmente en las épocas de lluvias, esta vía se vuelve intransitable por los deterioros de algunos tramos debido a falta de obras de drenajes y la falta de mantenimiento del mismo. Esta situación se vuelve desalentadora para el transportista y generalmente para los habitantes de la zona ya que el camino se constituye de gran importancia debido a la gran variedad de cultivos que se produce en el lugar, teniendo la necesidad de transportar sus productos hacia los mercados de nuestra ciudad como también exportar al interior de nuestro país.

El proyecto beneficia directamente a las familias que se encuentran al margen del camino, el valor de las tierras suben y se mejora el problema del transporte de los productos que se cultivan en la zona, mejorando también la calidad de vida.

El proyecto promueve la integración de comunidades que son: Carachimayo, Sur, Centro y Norte con el resto del Departamento.

El proyecto tiene un recorrido de 7.433 Km. que es de prioridad para las comunidades; para que todos los agricultores en su mayoría trasladen sus productos agrícolas a centros de abastos ya sean al mercado o directo al consumidor

Con el pavimentado de esta vía se puede ofrecer una mayor transitabilidad y que se puedan tener un servicio público de micros que realice el servicio de transporte de pasajeros.

El camino existente actualmente se encuentra en mal estado, ya que el suelo que ahora se encuentra en la superficie está trabajando como una carpeta de rodadura (suelo natural), y en algunos tramos tiene material granular. Por la circulación de vehículos pesados y los agentes climatológicos que existe en la zona se produjeron varios problemas lo cual ocasiona intransitabilidad por la zona y mucho riesgo.

Por tratarse de un proyecto de una sentida necesidad y de vital importancia para el plan vial de la Provincia Méndez, en su primera sección, y para el departamento de Tarija, las posibilidades de desarrollo son significativa ya que se facilitará el tránsito de una vía caminera que conecta a la zona con la ciudad de San Lorenzo y la ciudad de Tarija, principales mercados de la producción agropecuaria de la zona beneficiaria.

3 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

El problema actual en cuanto a infraestructura vial es a nivel nacional, para nadie es desconocido que la calidad de las rutas están en estado pésimo, peor aun en aquellos caminos que son vecinales que desde su construcción o apertura por primera vez hasta la fecha no han tenido un mantenimiento tanto preventivo ni correctivo. Al no tener mantenimiento la infraestructura vial se deteriora rápidamente, esto hace que el auto transporte tenga que realizar muchas maniobras para circular.

Como se ha descrito con anterioridad en la zona de influencia del proyecto, es decir en el tramo cruce San Lorenzo – Carachimayo, la infraestructura se encuentra en estado crítico, reflejándose claramente en la falta de obras de arte, badenes, cunetas y entre otras falencias, lo cual hace que la prestación de

servicios de transporte sea elevado y con altos riesgos de pérdidas de materiales y hasta humanas.

Para esto coadyuvaremos a realizar el proyecto, estudiando las diversas restricciones que se presentan y aplicar los conceptos, técnicas y métodos adquiridos durante toda la gestión académica.

3.1 Descripción del Problema a Resolver

3.1.1 Razones Sociales

Una de las razones sociales que lo justifican para el pavimentado Cruce San Lorenzo – Carachimayo de las comunidades involucradas con el proyecto radica básicamente en que los habitantes o familias, es que requieren un camino pavimentado vehicular estable todo el año y en especial en época de cosecha, con el objeto de acceder a los mercados de abasto para poder comercializar sus productos tanto agrícolas como pecuarios, y con estos mismos ingresos poder acceder a otros productos que no se producen en la zona y de este modo poder tener una alimentación más balanceada y equilibrada. Por otro lado también es justificable; considerando que la población al contar con un camino moderno y que garantice la estabilidad de circulación todo el año, podrá acceder de forma oportuna a los centros médicos en caso que se presenten emergencias.

Con la implementación del presente proyecto se pretende mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona, a través del incremento en la producción y en la productividad lo cual se reflejará en el incremento del ingreso.

Si este proyecto no llegaría a la ejecución, el desarrollo de la comunidad sufrirá un retraso considerable, ya que sin este camino moderno es muy difícil que la comunidad se beneficie con otros proyectos de apoyo a la producción para lograr un incremento de la misma.

Con la ejecución de este proyecto beneficiará aproximadamente a 103 familias, de escasos recursos, asegurando de este modo que los beneficiarios puedan sacar y llevar sus productos a los mercados a menor costo y menor tiempo.

3.1.2 Razones Económicas

Entre las razones económicas que se justifica la implementación del proyecto, es que se tiene una producción excedentaria que no es consumida por los productores, lo que implica que este excedente de producción necesita ser comercializado. Para poder comercializarse se requiere contar con un buen camino en épocas de cosecha y el resto del año, y comercializar los productos tanto agrícolas como pecuarios hacia los mercados de abasto tanto en los mercados departamentales como al interior del país. Al contar con un camino moderno estable, en especial en época de cosecha los productos llegarán rápido a los diferentes mercados de abasto y serán comercializados en buen estado, directamente al consumidor final o al intermediario final, y de esta manera también se reduciría las pérdidas por la comercialización de los productos.

Figura N°1.2: Área Agrícola del Cantón Carachimayo



La actividad agrícola se caracteriza por que la zona cuenta con tierras aptas para la producción de diversos cultivos que tiene un amplio mercado de consumo, como ser:

- Maíz
- Alfalfa
- Papa
- Arveja
- Trigo
- Cebolla
- Zanahoria

Las malas condiciones actuales en el que se encuentra el camino existente, ocasionan un bajo rendimiento en la producción agrícola, por consiguiente un menor ingreso al bolsillo de los habitantes de la zona.

3.1.3 Razones Técnicas

Lo que se pretende con la implementación del proyecto, es complementar y mejorar el actual camino existente, con un tramo pavimentado, con obras de

arte donde sean necesarios, construcción de cunetas y badenes, ampliación del ancho del tramo, que actualmente es de 3 a 4 metros aproximadamente variable.

Figura N°1.3: Vista del Tramo del Proyecto



El actual camino existente presenta varias deficiencias en lo que respecta a la geometría del perfil horizontal con curvas muy próximas entre sí, tiene radios de curvatura bastante cerrados, aproximadamente son radios de 5 metros, dichas curvas representan mucho riesgo para los transportistas durante la circulación de los motorizados, el mencionado camino no cuenta con berma, incluso llegando a ser peligroso para los transportistas estacionarse.

Debido al terreno accidentado de la zona, se precisa de bastantes obras de arte pues como consecuencias de la falta de las mismas el camino ha sufrido la pérdida de los materiales con las lluvias, que incluso dan lugar a la formación de erosión en la superficie de rodado; también se necesita de la construcción de muros de hormigón Ciclópeo en ciertos tramos de la vía.

El proyecto procura dar solución a todos estos problemas, que se mencionaron anteriormente, planteando un diseño a Estudio Final Pavimentando todo el tramo desde el cruce San Lorenzo hasta Carachimayo Norte, Centro y Sud.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- El objetivo general del proyecto es de realizar el **“Estudio a Diseño Final Pavimentado Cruce San Lorenzo – Carachimayo”** aplicando el método de diseño; y con el diseño realizado se obtendrá mejorar las condiciones de circulación vehicular en el tramo San Lorenzo - Carachimayo, generando un acceso moderno (Pavimento) y rápido para el sector transporte y la población en general, que permita un tráfico continuo, mayor fluidez, ahorro de tiempo y de costos de transporte, desde y hacia la zona de producción con sus mercados naturales, en beneficio de la población en general.

4.2 Objetivos Específicos

- Determinar las mejores características técnicas y estructurales.
- Realizar el levantamiento topográfico del camino de la zona. Por medio de la estación total.
- Procesar la información topográfica y la geotecnia de suelos proporcionada por la Sub-Prefectura de Méndez.

- Diseñar el paquete estructural por el método AASHTO e interpretar el resultado.
- Diseñar la señalización Horizontal y Vertical.
- Estimación de caudales máximo.
- Realizar un estudio técnico aplicando todos los conocimientos adquiridos en la U.A.J.M.S.
- Usar programa computarizado para el diseño geométrico y para el paquete estructural.
- Estudiar todas las obras de drenajes necesarios para el buen funcionamiento del camino. Tomando datos hidrológicos del SENAMHI para definir el caudal de diseño.
- Realizar el presupuesto general de todo el proyecto con todo el estudio realizado.
- Determinar las mejores características técnicas geométricas y estructurales.
- Realizar precios unitarios para los ítems que tendrá el presente estudio.

- Realizar diseño geométrico aplicando normas establecidas.
- Incorporar el área de influencia del proyecto a la economía sub-regional, mediante una integración efectiva y permanente a los mercados naturales para lograr el desarrollo potencial agropecuario.
- Incrementar los ingresos de los productores del área del proyecto, a través de un mejor acceso a los mercados y la oportunidad de un crecimiento de su producción.
- Llevar adelante el proceso de construcción del tramo Cruce San Lorenzo – Carachimayo
- Ampliar la capacidad vial para un tráfico vehicular fluido en beneficio de la población.
- Disminuir los tiempos de transporte entre la ciudad y las comunidades beneficiarias del Cantón Carachimayo.
- Incorporar nuevas áreas productivas generadoras de ingresos para la población de la zona de influencia del camino.

- Disminuir los costos de transporte y los tiempos de comunicación o viaje.
- Construir una infraestructura moderna, acorde a las necesidades de un transporte moderno y en crecimiento.

5 METAS DEL PROYECTO

- Mejorar el camino Cruce San Lorenzo - Carachimayo, con un tratamiento especial en una longitud de 7,433 kilómetros.
- Aumentar los ingresos de las familias beneficiarias.
- Lograr el acceso oportuno de los productores a los mercados naturales, evitando las pérdidas del producto.
- Obtener mayor flujo Vehicular en el mencionado tramo con el mejoramiento de las características técnicas y estructurales.

6 DIAGNOSTICO LEGAL E INSTITUCIONAL

6.1 Legislación Vigente Relacionada con el Proyecto

La legislación vigente en nuestro país relacionada con el presente proyecto puede ser descrita de la siguiente manera, la Administradora Boliviana de Caminos es la entidad encargada del desarrollo, administración, mantenimiento y planificación de carreteras en nuestro sistema vial nacional, siendo por tanto la instancia superior la Presidenta de esta Entidad.

El ente encargado de la apertura, mantenimiento y mejoramiento de la red de caminos departamentales es el Servicio Departamental de Caminos, el cual funciona de manera descentralizada con respecto a la oficina Nacional, este Servicio se encarga a su vez de la denominada red Departamental de caminos.

La institución encargada de apertura y mantenimiento de los denominados caminos vecinales son los Gobiernos Municipales y Sub prefecturas, los cuales se encargan de caminos de pequeña envergadura, uniendo en su mayoría comunidades alejadas con caminos de mayor importancia, facilitando así el comercio y transporte de pasajeros y productos desde y hacia dichas comunidades.

6.2 Aspectos Institucionales

6.2.1 Análisis Institucional

La Sub Prefectura de la Provincia Méndez viendo la gran necesidad de integrar sus comunidades, por medio de su departamento técnico licitara el proyecto Estudio a Diseño Final “Pavimentado Cruce San Lorenzo – Carachimayo”, financiara el proyecto con los recursos que provienen de las regalías procedentes de los hidrocarburos existentes en nuestro departamento, los cuales viene a ser una gran fuente de recursos los cuales permiten el

crecimiento de las comunicaciones (camino), salud (hospitales y postas sanitarias), educación (colegios y universidades), y servicios básicos (agua, saneamiento básico, luz ,etc.).

6.2.2 Capacidad Operativa y Ejecutora de las Entidades Responsables del Proyecto

Como se definió anteriormente, la Sub Prefectura de la Provincia Méndez será la entidad encargada de financiar la ejecución del proyecto y mediante su Departamento Técnico que será la encargará de fiscalizar la ejecución del tramo caminero “Cruce San Lorenzo – Carachimayo”, el cual tendrá como objetivo lograr que la construcción de dicho camino sea llevada a cabo según las especificaciones técnicas provistas por el proyectista así como las Normas Nacionales e Internacionales vigentes, los recursos del financiamiento provendrán de las regalías hidrocarburíferas del departamento de Tarija.

6.2.3 Esquema de Organización

La Sub Prefectura de la Provincia Méndez adjudicará la ejecución del proyecto a empresas legalmente establecidas en el país, las cuales cumplan con los requerimientos técnicos y económicos propuestos por La Sub Prefectura de la Provincia Méndez.

El trabajo de fiscalización como anteriormente ya se especificó, lo realizara el departamento técnico de La Sub Prefectura de la Provincia Méndez, el cual será llevado a cabo de una manera responsable, fiscalizando que el producto final sea de calidad.

7 ALCANCES

El alcance en general de este proyecto consiste en realizar un “Estudio a Diseño Final para el pavimentado del tramo Cruce San Lorenzo –

Carachimayo”, plasmando el proyecto con seis partes Estudio Topográfico, Diseño geométrico, Estudio Geotécnico, estudio Hidrológico, diseño de Pavimento y Señalización.

Figura N°1.4: Ubicación del Area de Estudio desde un Contexto Departamental

7.1 Alcance Temporal

El presente proyecto se efectuara realizando un análisis de los datos de la información recopiladas para el presente estudio a diseño final.

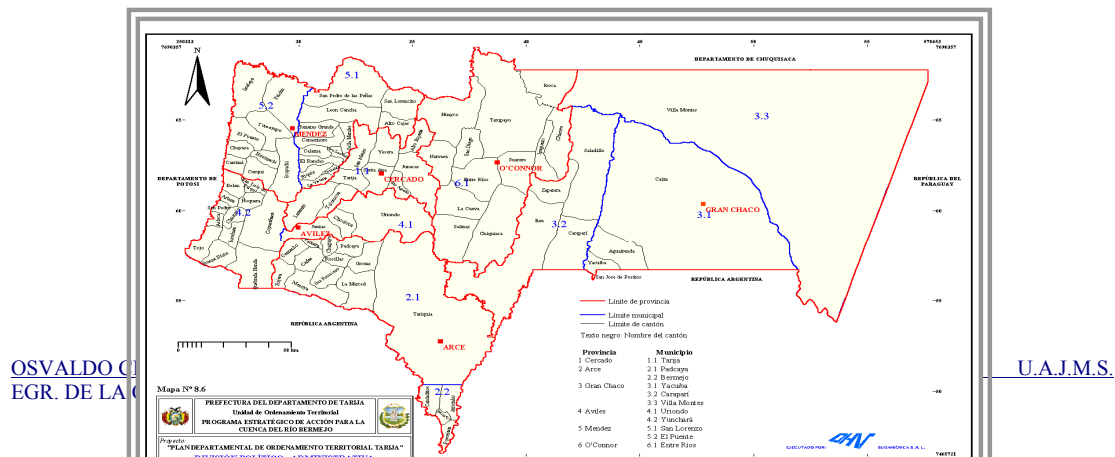
7.2 Alcance Espacial

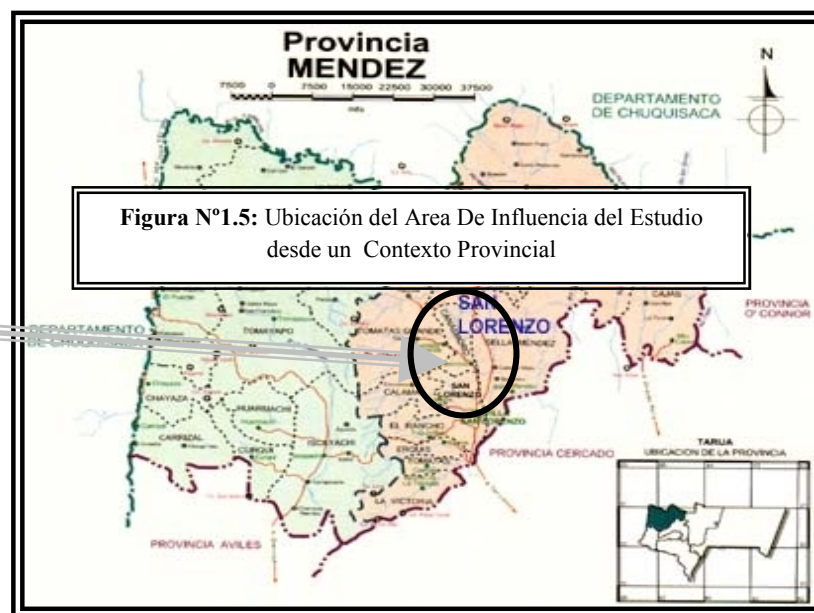
El proyecto se desarrollará en el cantón de “*Carachimayo*”, ubicado en la primera sección se San Lorenzo provincia Méndez del Departamento de Tarija a 35 kilómetros de la ciudad de Tarija.

8 APOORTE ACADEMICO

La elaboración del presente proyecto tiene mucha relevancia e importancia porque se pretende aportar con los conocimientos obtenidos durante la formación académica y profesionales en ingeniería civil.

9 UBICACION GEOGRAFICA





1 ASPECTOS CLIMATOLOGICOS

1.1 Temperatura

En la Zona, en base a información meteorológica proveniente de la estación de Canasmoro, de un récord de 9 años de registros se tiene que: La temperatura media anual es de 15.5°C, la máxima media de 24°C, la mínima media de 6,9°C.

La temperatura máxima extrema alcanzó los 39°C en los meses de Febrero de 1.992 y Enero de 1.993, mientras que la mínima extrema fue registrada en el mes de Julio de 1.994 con -8° C. La temperatura media mensual varía entre los 12.4°C y 19°C.

Dadas las características climatológicas de la zona se puede decir que se tiene una diversidad de micro climas importantes, donde la temperatura media anual manifiesta variaciones pequeñas, a grosso modo se puede calcular que subiendo cada 100 m, de altura la temperatura baja 0,5° C.

Un fenómeno climático natural son los "surazos", se tratan de vientos fuertes que vienen del sur, dando como resultado cambios bruscos de la temperatura y humedad ambiental, donde la temperatura baja rápidamente llegando en algunos casos por debajo de 0°C. La zona se caracteriza por presentar un clima frío semiárido.

1.2 Precipitación

En la zona, el 97% de las precipitaciones anuales cae entre los meses de Septiembre a Abril, existiendo de cinco meses áridos, en los cuales casi no llueve, es decir de Mayo a Septiembre. La zona se caracteriza por la variabilidad de las precipitaciones, diferenciando años lluviosos y años secos, además de variar la cantidad de precipitación en el espacio.

La estación pluviométrica de Canasmoro, registró 603 mm. como precipitación anual promedio para Carachimayo. Sin embargo, de acuerdo a los datos se detectan diferencias bastante grandes respecto a las precipitaciones medias dependiendo de las características fisiográficas.

El cuadro muestra la precipitación promedio de los últimos 5 años y la efectiva del año 2006 de la zona:

Cuadro N° 2.1
Precipitación promedio y Efectiva

MES	PP	PE
	(mm/mes)	(mm/mes)
Julio	2.4	0
Agosto	4.8	0
Septiembre	8.4	0
Octubre	30.2	11.4
Noviembre	60.9	34.43
Diciembre	117.3	76.73
Enero	140.4	94.05
Febrero	111.3	72.23
Marzo	90.9	56.93
Abril	29.6	10.95
Mayo	5.2	0
Junio	0.8	0
TOTAL	602.2	356.72

1.3 Riesgos Climáticos

Las heladas y sequías, son los limitantes más importantes para la producción; casi todo los años se presentan granizadas en algunos lugares, causando grandes daños. Las fuertes precipitaciones en la parte sur causan desbordes de los ríos Guadalquivir y Carachimayo.

1.4 Vientos

Los datos corresponden a la estación meteorológica de Canasmoro, las velocidades máximas se registran en primavera, con vientos de gran velocidad; de acuerdo a los datos proporcionados se estima que el valor máximo aproximado de 60 Km/hr registrado, es generalmente sobrepasado con cierta frecuencia.

1.5 Recursos Hídricos

Los ríos que corren en el área del proyecto, vierten sus aguas en las cuencas del río Guadalquivir. La cuenca del río Guadalquivir, tiene como uno de sus afluentes el río Carachimayo. El río pasa por las comunidades de Carachimayo Norte, Centro y Sud. Su caudal aumenta en los periodos de lluvia, pero mantiene cierto caudal de agua durante los meses secos, permitiendo aprovechar sus aguas para riego.

Figura N° 2.1

Caudal del Río Carachimayo Durante el Periodo de Estiaje



2 CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS

2.1 Comunidades y Población Beneficiaria

La población de la zona de influencia del proyecto, se caracteriza por encontrarse distribuida de manera dispersa. Se considerará a la población beneficiaria Directa, en el caso de la Población Beneficiaria Directa, se puede observar que la población total alcanza a 690 habitantes, de los cuales 342 corresponden al sexo masculino y 349 al sexo femenino, agrupadas en 103 familias.

Considerando que no existe ninguna comunidad concentrada cuya población supere a los 2.000 habitantes, se considera población rural al total de los habitantes.

El índice de masculinidad es de 0,91 (91 hombres por cada 100 mujeres), lo cual demuestra la predominancia de mujeres, posiblemente como consecuencia del movimiento migratorio de los varones, lo anterior se observa en el cuadro a continuación:

Cuadro N° 2.2

Población de la Zona de Influencia Directa del Camino Carachimayo

AÑO	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Población	671	677	684	690	697	703
N° de Familias	101	101	102	103	104	105
Hombres	332	335	338	342	345	348
Mujeres	339	342	345	349	352	355

3 DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS EN LAS COMUNIDADES

3.1 Educación

La educación tiene como fin la formación de la persona, promover la salud, los valores humanos, desarrollar aptitudes científicas y técnicas para el desarrollo; y capacitar a través del lenguaje la expresión y el pensamiento lógico, valorando el trabajo como actividad productiva, formativa y dignificante.

Figura N° 2.2: Unidad Educativa del Cantón Carachimayo



En el área de influencia del proyecto, existe educación superior hasta el 3er. Secundaria, por lo que normalmente los alumnos deben concluir sus estudios secundarios (bachillerato), en la ciudad de Tarija o San Lorenzo.

En cuanto a la educación en el área de influencia del proyecto, de acuerdo a la información obtenida, a través de visitas realizadas al establecimiento educativo de la comunidad de Carachimayo, se pudo establecer que el 73,6 % de la población cuenta con algún grado de educación, de los cuales el 58,4 % alcanzaron un nivel que corresponde al ciclo básico; un 15,2 % son

bachilleres; en tanto que los menores porcentajes se presentan en el nivel de educación técnica media, superior y universitaria. Sin embargo, el 26,4 % de la población no cuenta con ningún grado de educación.

En el cuadro siguiente se muestra la evolución del número de alumnos inscritos en la comunidad de Carachimayo, desde el 2000 al 2008:

Cuadro N° 2.3: Educación zona de Influencia directa del Camino

AÑO	PRE ESCOLAR	PRIMARIA	SECUNDARIA	TOTAL
2000	28	154	0	182
2001	31	158	15	204
2002	32	161	19	212
2003	32	164	21	217
2004	33	168	23	224
2005	33	171	29	233
2006	34	174	32	240
2007	35	178	36	249
2008	36	180	40	256

En la zona de influencia del proyecto, el material didáctico existente en la zona, es bastante escaso de acuerdo a la información recabada, actualmente existe un total de diez profesores para el nivel primario, y para el nivel secundario existen dos profesores, en cuanto a la infraestructura existente, el núcleo escolar de Carachimayo cuenta con:

- Ocho Aulas
- Una Batería de baños, con 4 baños

- Un campo deportivo
- 150 pupitres

3.2 Salud

En lo que se refiere a la nutrición de la población, la dieta alimentaría está basada en el consumo de una variedad de productos, los mismos que son producidos por ellos mismos y/o adquiridos en el mercado de la zona o en la ciudad de Tarija.

En cuanto a la salud, existe un Puesto Médico en la comunidad de Carachimayo, el mismo que es atendido por un médico y auxiliar de enfermería, cuya área de atención comprende las comunidades de la zona, sin embargo es necesario aclarar que las existen enfermedades comunes como son los resfríos, fiebres, etc. que son tratados por el auxiliar médico.

Si existen casos de enfermedades que requieren de un tratamiento especial, las personas son trasladadas al Hospital de San Lorenzo y/o al Hospital San Juan de Dios de la ciudad de Tarija, dependiendo de la gravedad del caso.

3.3 Servicios Básicos

3.3.1 Agua

En las comunidades beneficiarias se tiene que, en Carachimayo el 90% de las viviendas tiene agua por cañería de pozo comunitario y el 10% no lo tiene, en Saneamiento.

La eliminación de excretas, presenta algunas deficiencias, por la construcción de pozos sépticos, lo que puede traer consecuencias en la salud de la población, principalmente en enfermedades infectas contagiosas, como la contaminación del medio ambiente, pues no se cuenta con un sistema de

alcantarillado sanitario. El total de letrinas benefician al 65% de las familias que habitan en la Comunidad Carachimayo Norte, Centro y Sud.

3.3.2 Electricidad

La administración y control del suministro de energía eléctrica está a cargo de la Empresa de Servicios Eléctricos de Tarija (SETAR), cuya sede central se encuentra en la ciudad de Tarija.

El servicio de energía eléctrica es proporcionado por SETAR Tarija, cuya oficina de facturación y atención al cliente tiene su sede en ciudad de San Lorenzo, con una cobertura del 80% de la población de Carachimayo

3.3.3 Comunicaciones

Respecto a los medios de comunicación, en las comunidades rurales del área de influencia del proyecto cuenta con los servicios de ENTEL que les permite comunicarse con otras comunidades y departamentos del país.

3.4 Comunicación

3.4.1 Comunicación y Transporte

La falta de una buena infraestructura caminera, para la comunidad de Carachimayo, se constituye en uno de los principales obstáculos para lograr un mayor desarrollo económico y social. La actual red vecinal no tiene un mantenimiento periódico que facilite la comunicación entre al centro productivo y los de consumo.

El sector del proyecto cuenta con servicios de transporte público y periódicamente transporta pasajeros y carga desde y hacia el área del proyecto. El tramo Caminero desde Carachimayo a San Lorenzo llega a cubrir

un total de 15 Km., el que también es aprovechado para llegar de manera directa a la ciudad de Tarija.

El camino vial, normalmente es transitables todo el año, sin embargo existen diferencias en la comodidad y facilidad de transporte, dependiendo de la época de estiaje o el tiempo de lluvias, pues en estas últimas el camino es muchas veces intransitables debido a los cruces de las aguas superficiales que obstaculizan el normal tráfico vehicular y por ende perjudican el normal desarrollo de las actividades económicas de la zona, provocando al mismo tiempo el incremento de los costos de transporte.

En estas circunstancias, los productores de la zona se ven obligado a transportar sus productos, principalmente ganado vacuno, caprino, y los productos agrícolas, por otros caminos rústicos, resultando difícil, costoso y hasta peligroso, con las pérdidas que ello supone para los productores.

4 ESTRUCTURA ECONOMICA PRODUCTIVA

4.1 Principales Actividades de la Población, Uso y Tenencia de la Tierra

La agropecuaria es la principal actividad de esta zona, constituyéndose en el sustento principal de las familias y de generación económica, se identifica como principales cultivos el Maíz, papa, cebolla, trigo, y otros, convirtiéndose en la principal fuente de ocupación y mano de obra de la zona; la misma que no presenta una significativa migración hacia otras regiones.

4.2 Tamaño y Uso de la Tierra

La superficie de tierra de la zona de estudio es caracterizada por ser una zona netamente apta para la agricultura y la ganadería, debido a las condiciones agras climatológicas que presenta. En el área del proyecto se practica una agricultura que permite el aprovechamiento de las parcelas de acuerdo al tamaño de la propiedad y de la cantidad de cabezas de ganado que poseen.

4.3 Producción Agrícola

La producción agrícola en la zona de influencia del Proyecto, depende de las características agras climatológicas que presenta la zona, la misma es apta para la producción agrícola. La producción agrícola en el área de influencia se caracteriza por ser de pequeña escala, debido principalmente a la inseguridad de poder llegar al mercado con el producto, dadas las condiciones de transitabilidad del camino existente.

Figura N° 2.3: Camino Actual Intransitable en Epoca de Lluvias



La producción agrícola es la principal actividad económica de la comunidad de Carachimayo; al igual que la incipiente ganadería la existencia gracias al cual se generan ingresos por la venta de leche y/o el queso y siguiéndole en importancia el ganado ovino, bovino, cerdos y aves de corral con una producción importante para la comunidad de estiércol, carne y lana.

Esta producción agropecuaria, se realiza dentro del sistema tradicional, con técnicas rudimentarias, dada la dificultad de contar con los medios y recursos económicos para lograr mejorar las condiciones productivas con nuevas

tecnologías a lo que se suma la reducida superficie de terreno con los que cuenta cada familia.

Los principales cultivos son: papa, maíz, trigo, arveja y alfalfa; se cultiva en menor escala una diversidad de frutas, tomate y otras hortalizas, propias de la zona, que aporten a la dieta alimentaria de las familias campesinas de la comunidad.

Los cultivos de frutales no se encuentran muy difundidos, aunque hay diversidad de productos como la manzana, durazno higo, etc. en la comunidad, sin embargo no existen superficies importantes destinadas a este tipo de producción.

De acuerdo a lo observado en la comunidad, la mayor parte de los terrenos disponibles para la producción agrícola se destina a los cultivos del maíz, papa y arveja, siguiendo en orden de importancia los forrajeros y hortalizas como se puede observar en el cuadro a continuación:

Cuadro N° 2.4: Superficie Ponderada por Cultivo

C U L T I V O	S U P E R F I C I E
	%
<i>M a i z</i>	60
<i>A l f a l f a</i>	15
<i>P a p a</i>	15
<i>A r v e j a</i>	5
<i>T r i g o</i>	5
T o t a l	100

La rotación de cultivos se practica intercalando los principales cultivos con periodos de descanso. Generalmente se realizan dos siembras al año, la

MISKA y la siembra grande; en caso de contar con agua para riego se realiza la siembra tardía, lo que da lugar a la existencia de un calendario agrícola de la zona:

Cuadro N° 2.5: Calendario Agrícola

(1) Siembra Miska (2) Siembra Grande (3) Siembra Tardía

CULTIVOS	TIPO DE CULTIVO	SIEMBRA	COSECHA
Papa ¹	Anual	Agos - Sep	Dic - Ene
Papa ²	Anual	Nov - Dic	Mar - Abr
Papa ³	Anual	Feb	Jun
Maíz ¹	Anual	Agos - Sep	Feb - Mar
Maíz ²	Anual	Nov - Dic	May - Jun
Trigo	Anual	Ene	May
Arveja	Anual	Ene	May
Alfa-Alfa	Anual	Agos - Sep	Todo el Año
Hortalizas	Anual	Todo el Año	

Dentro de las prácticas tradicionales utilizadas en el proceso productivo se tiene la **fertilización** con abonos naturales de origen animal como es el estiércol de vaca, cabra, oveja, pollo, siendo éstos complementados por los abonos químicos, entre los que se pueden mencionar a la Urea, el Triple quince y el Fosfato Diamónico.

En cuanto a la producción agrícola, de acuerdo a la información recabada, la producción de los principales productos, en el área de influencia muestra un cierto equilibrio en la cantidad de hectáreas para los productos mencionados, donde existe una prioridad en la producción de maíz, como se observa a continuación:

Cuadro N° 2.6: Producción Agrícola
(Uso de la Tierra)

PRODUCTO	CULTIVO EN HECTAREA
Papa	45
Maíz	180
Trigo	45
Arveja	30
TOTAL	300

El sistema de explotación agrícola que se practica en el área del proyecto, y dada la agricultura tradicional, el manejo recurso suelo, el uso de productos químicos, control de plagas y enfermedades, la incipiente introducción de semillas mejoradas, y la débil asistencia técnica, etc. condiciona considerablemente los rendimientos y productividad de la zona, el rendimiento y el volumen de producción se observa a continuación:

Cuadro N° 2.7: Producción Agrícola
(Rendimientos)

PRODUCTO	HECTAREAS CULTIVADAS	RENDIMIENTO PROM. (TM/Ha)	VOLUMEN PROD. (TM)
Papa	45	6.85	308.25
Maíz	180	1.3	234
Trigo	45	1.1	49.5
Arveja	30	1.3	39
TOTAL	300		630.75

4.4 Destino de la Producción

El sistema de cultivo es de tipo familiar, parte de la producción está destinada al autoconsumo; otra parte para empleo como semilla en la próxima época de siembra, y finalmente, el resto de la producción está destinada a la venta.

El maíz es destinado en mayor proporción como forraje de sus animales, para la venta en el mercado generalmente como choclo y en menor proporción para el consumo familiar. En cuanto a la papa y la arveja se la destinan tanto para el consumo como para semilla y el excedente para la venta. Las hortalizas, por una parte se destinan al consumo y por otra parte a la venta.

La comercialización de los productos generalmente se realiza en forma directa en la ciudad de Tarija (mercado campesino) y la Ciudad de San Lorenzo. Dada la producción total obtenida en ambas zonas, no toda la producción se comercializa, y de acuerdo al cultivo, una parte se destina al consumo (en la dieta alimentaria), que también está en función a los precios de mercado, una parte para semilla y un mínimo porcentaje de pérdida, para ambas zonas se muestran los resultados de este análisis basado en la información proporcionada por los comunarios de la zona de Carachimayo Norte, Centro y Sud:

Cuadro N° 2.8

Disposición de la Producción Agrícola

PRODUCTOS	VOLUMEN PROD. TM.	% VENTA	PRODUCCION PARA LA VENTA (TM)
Papa	308.25	64%	197.28
Maíz	234	70%	163.8
Trigo	49.5	75%	37.13
Arveja	39	78%	30.42
TOTAL	630.75		428.63

La producción agrícola a nivel del área de influencia del proyecto está destinada en promedio en un 65% a la comercialización, un 20% al consumo, 10% para semilla y el 5% se considera perdido en el proceso productivo. Con la apertura de los caminos y el mejoramiento de las vías, de forma general, la producción agrícola está más orientada a la venta en el mercado de la ciudad de Tarija.

El almacenamiento de la producción en las comunidades se estima que en un 70% es artesanal y se lo realiza de manera individual, utilizando técnicas tradicionales de acuerdo al tipo de producto. Entre los sistemas de almacenamiento se tiene a los silos, trojas, pirhuas, chalecos, bolsas y en algunos casos en sus propias viviendas adecuando algún ambiente destinado para ese fin. Los productos generalmente almacenados son la papa y el maíz.

5 INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

Para llevar adelante la producción agrícola, en la zona existe un sistema de riego, conformado por un canal que se encuentra en mal estado y que provee de agua para riego complementario durante la época de lluvias a cerca del 50% de las tierras cultivadas, dicho sistema en la actualidad dado el crecimiento de la población y las necesidades de uso de agua para la producción es insuficiente, por lo tanto los cultivos que se realizan actualmente dependen en gran parte de las precipitaciones pluviales.

Figura N° 2.4: Canal de Riego Existente en mal Estado



6 PRODUCCION PECUARIA

El Sistema de Producción Pecuaria es rudimentario, su manejo está en función a las necesidades de la familia, los bueyes son utilizados en trabajos o las faenas usuales como ser la preparación de los terrenos para el cultivo, su alimentación esta en base a rastrojos de cosechas como ser de papa y chala de maíz, mientras que las vacas son largadas al campo durante el día a pastar, para que se alimenten con diferentes pastos y hierbas tiernas.

Normalmente el ganado lechero tiene una alimentación a base a alfa – alfa, que se complementa con alimento balanceado y algún otro tipo de forraje como ser cebada y avena, ya que no se tiene los recursos suficientes para realizar un manejo estabulado y técnico.

Figura N° 2 5: Crianza de Ganado Caprino

La población pecuaria está compuesta principalmente por el ganado vacuno, ovino, caprino y otras especies menores, lo que a continuación se muestran:

Cuadro N° 2.9: Población Ganadera
(Cantidad de Cabezas)

GANADO	CANTIDAD
Vacuno	1105
Ovino	664
Caprino	968
Equino	146
Porcino	264
Aves	814

Generalmente se tiene ganado de raza criolla; sin embargo, en el caso del vacuno se observa la introducción de ganado mejorado de la raza Holstein. El sistema extensivo de crianza afecta negativamente al ganado, produciendo bajos rendimientos fundamentalmente por la ausencia de una adecuada sanidad y alimentación. En la zona la ganadería es reducida debido a que la misma tiene vocación predominante agrícola sin embargo se puede apreciar que el pequeño hato ganadero que poseen las familias está compuesto en su generalidad por ganado vacuno, ovino, caprino, porcino y aves. El sistema de producción ganadera es tradicional y extensivo; el sistema de pastoreo y alimentación es del tradicional ramoneo, el ganado aprovecha las pasturas naturales del ecosistema y de los arbustos y árboles existentes en la zona.

Figura N° 2.6: Sistema de Alimentación Tradicional



En la actualidad se está introduciendo pasturas y especies forrajeras adaptadas a la zona, el problema que se enfrenta son las bajas temperaturas que prácticamente las llega a quemar los pastos en época de invierno, y la escasez de agua en la zona en ese periodo.

De acuerdo a los datos obtenidos a través de la información obtenida, la existencia de ganado y aves se muestra en los siguientes cuadros, con mayor detalle de la existencia pecuaria en la población total del área de influencia.

Cuadro N° 2.10: Población Pecuaria

Nº	Ganado	Población Pecuaria	Rendimiento promedio (Kg)	Precio de venta finca \$us p/u
1	Vacuno	1,105	205	210
2	Ovino	664	19	12.5
3	Caprino	968	16	11.25
4	Porcinos	264	35	25
6	Aves de corral	814	1.75	1.5

El número de familias que se dedican a la actividad ganadera es elevado, con un número promedio de cabezas vacunas de 11 por familia, en el caso del ganado vacuno y caprino alcanza a las 6 y 9 cabezas por familia, en el caso de los porcinos llegan a 3 unidades por familia y las aves a 8 por familia.

Actualmente, algunas familias en la zona han introducido sementales de otras razas que fueron cruzados con hembras criollas con fines de mejorar el ganado local, el nivel de reproducción y la calidad del producto.

El ganado que se traslada al mercado es generalmente de baja calidad, con una edad de más de cuatro años. Normalmente el peso de cada uno está dentro del rango de 300 a 400 kilogramos en pie, lo que corresponde en promedio de 150 a 180 kilogramos de carne peso gancho. La comercialización del ganado se efectúa mayormente entre los meses de julio a septiembre, debido a la ganancia de peso durante la existencia de mayor forraje.

En general los propietarios del ganado no realizan un descarte programado, más bien la comercialización que realiza la efectúa en base a las necesidades de sus exigencias económicas, que se le presenta según la época. En cuanto a la comercialización propiamente dicha la mayoría de las ventas se realizan en la finca, un menor porcentaje se vende en Tarija.

En lo que se refiere a la práctica de venta, el ganadero dispone de un camión, él mismo lo lleva a un centro de faeneo, vendiéndolo a pie o en gancho, las ventas que se realizan a nivel finca se comercializa a través de intermediarios; sin embargo, el ganado se paga kilo gancho pesado en lugar de destino. De acuerdo a la información obtenida en el área de influencia del camino, se pudo estimar que el porcentaje de ventas del ganado bovino alcanza a 10% aproximadamente, mientras que los índices zootécnicos proporcionados por profesionales conocedores del tema establecen una tasa de extracción del 12 %.

En los cuadros se puede observar a mayor detalle la venta de animales con destino al mercado. La comercialización del ganado bovino es la más considerable respecto a la proporción de venta de otros tipos de ganado.

Cuadro N° 2.11: Disposición de la Población Pecuaria

GANADO	POBLACION PECUARIA	TASA ANUAL DE EXTRACC.	ANIMALES PARA LA VENTA/AÑO
Vacuno	1,105	13%	144
Ovino	664	15%	100
Caprino	968	20%	194
Porcinos	264	11%	29
Aves de corral	814	20%	163
TOTAL	3,815.00		629

7 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA Y DINAMICA POBLACIONAL

La dinámica poblacional es generada por los movimientos migratorios, que en este caso, en la región no se torna en un problema; debido a que el nivel de ingresos de los comunarios es considerado como aceptable.

7.1 Migraciones

El análisis migratorio de la población se caracteriza por tener una proporción temporal y definitiva, este fenómeno se da en la zona de influencia del proyecto de mejoramiento vial para el cantón de Carachimayo.

La migración Temporal; se realiza debido a la escasez de recursos que tiene la población y a la imposibilidad de generar los ingresos en sus lugares de origen, en este sentido se producen movimientos migratorios de la población a distintos lugares del departamento, al interior del país, y a países vecinos.

El tiempo aproximado de permanencia en los lugares de destino varía de acuerdo a la actividad que realizan, así, en la república Argentina la migración temporal dura entre 8 a 10 meses, en la zona de Bermejo permanecen entre 4 y 5 meses (periodo de zafra), y en la ciudad de Tarija con un tiempo de variación de 2 meses hasta un año de permanencia.

La migración definitiva, normalmente en las comunidades rurales está constituida por la población joven, donde la proporción mayor corresponden a los hombres. Que salen de sus lugares de origen con la finalidad de buscar mejores condiciones de vida y terminan asentándose en otros lugares.

De acuerdo a la información recabada, se estima que el total de la población que se desplaza algún lugar fuera de la comunidad, alrededor del 70% son hombres jóvenes y adultos, y el restante 30% corresponde a mujeres jóvenes.

La edad que con mayor frecuencia se presenta se encuentra entre las edades de 15 a 30 años, los lugares de mayor frecuencia o preferencia de la población emigrante es la república argentina, la ciudad de Tarija y otras ciudades al interior del país.

En el caso de la población emigrante temporal de la zona de influencia directa del proyecto, la época de otoño – invierno (Mayo a Octubre), un promedio del 25% de la población migra en la búsqueda de alternativas de empleo, en la población de la zona de influencia indirecta hasta un 40% de la población lo hace.

Por otra parte, considerando las razones que influyen en la migración de los habitantes de la zona hacia otras regiones, se estima que el 55 % de los emigrantes lo hacen por razones de trabajo, y por estudios el restante 42%, en tanto que en la región se presenta migración por motivos de enfermedad y otros en un 3%

7.2 Población Económicamente Activa

Las actividades económicas que se realizan en la zona de influencia del presente proyecto, están ligadas principalmente a la producción agrícola, seguida de la pecuaria, y las labores de casa. En este sentido la actividad agrícola, seguido de la ganadera y de las labores realizadas como emigrantes en otros lugares, se constituyen en la principal fuente de ingresos de la población de la zona.

La ocupación predominante en el área de influencia directa del proyecto, tiene relación directa con los niveles de ingreso de la población y de su dependencia con el grado de ingresos que tiene, así en el siguiente cuadro se muestra la importancia de la ocupación de las personas, y dada la especialidad productiva en las comunidades, está compuesta principalmente por tres rubros, la actividad agrícola, la actividad ganadera y otras:

Cuadro N° 2.12: Ocupación de la Población

<i>RUBROS</i>	Ocupacion de la Poblacion
Agrícola	70
Ganadera	20
Otras	10

De manera similar a los habitantes de la zona de influencia directa del camino, frente a las posibilidades reales de ocupación, la población dedica su tiempo principalmente a la actividad agrícola, seguida de la actividad ganadera, y otras actividades.

Las otras actividades en ambos casos están referidas en el caso de las mujeres la producción de prendas de vestir de lana, labores de casa, en el caso de los hombres a trabajos de mantenimiento del camino actual y algunas actividades ligadas a la construcción y carpintería.

7.3 Nivel de Ingresos

La mayor fuente de generación de ingresos económicos de los comunarios y de la región proviene de la venta de la producción agrícola; sin embargo considerando que los caminos se cortan por la falta de mantenimiento adecuado principalmente en épocas de lluvias, se requiere la construcción de los mismos además de un continuo mantenimiento, factores que permitirán el flujo de productos y otros con el consiguiente incremento en la comercialización de los mismos y en los niveles de ingresos.

7.4 Organizaciones Vigentes

Las organizaciones vigentes en las comunidades del área de influencia del presente proyecto están constituidas por corregidores, juez de agua, sindicato agrario, promotores de salud, club de madres y otras, legalmente reconocidas.

8 PRIORIZACION DE LOS PLANES DE DESARROLLO REGIONAL

El proyecto entra a formar parte de la red caminera rural y está dentro del Plan de Desarrollo Regional, que da prioridad al mejoramiento de caminos vecinales en todo el Departamento de Tarija.

Determinados los principales problemas estructurales por los que atraviesan las comunidades, los cuales se constituyen en un freno al proceso de desarrollo integral, dadas las características productivas, económicas y sociales de la zona, y su potencial agropecuario, el mejoramiento del camino vecinal es considerado de primera necesidad.

Como consecuencia, La Sub Prefectura de la Provincia Méndez, realizando un análisis detallado del diagnóstico comunal que identifica los principales problemas de la zona, considera prioritario el mejoramiento de dicho camino vecinal en beneficio directo de las comunidades beneficiadas, e indirectamente para la región en su conjunto; además de constituirse en una estructura vital dentro de los Programas viales y caminos vecinales de la Institución, al vincular en mejores condiciones a una región importante como es la zona de influencia del proyecto desde el punto de vista productivo.

Asimismo, viabilizará el acceso de los comunarios a los servicios básicos de salud, educación, comunicaciones e integración con las localidades de aledaños.

9 RELACIONAMIENTO CON OTROS PROYECTOS

La realización del presente proyecto daría, además, cabida al inicio de otros proyectos en las áreas de producción, comercialización, salud, educación, desarrollo y protección del medio ambiente, etc., ya que existen diferentes organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que trabajan en zonas aledañas que no pueden llegar a la zona de influencia por falta de vías de comunicación permanentes principalmente en épocas de lluvia.

1 PROYECCION DE LA DEMANDA Y OFERTA DE DIMENSIONAMIENTO DEL PROYECTO

Considerando que el proyecto Estudio a Diseño Final **“Pavimentado Cruce San Lorenzo - Carachimayo”** nace la idea del mejoramiento de los tramos camineros existentes entre las diferentes comunidades de la zona de estudio y debido a condicionamientos económicos y con el afán de tratar de beneficiar por igual a estas comunidades se le ha dado la importancia al análisis y diseño geométrico (trazo), obras de drenaje como badenes, alcantarillas, muros(en algunos casos comprobaciones y en otros nuevos diseños) y el diseño del pavimentados.

Con la implementación del proyecto se pretende asegurar la transitabilidad en todo el año, con la implementación de cunetas en tramos convenientes y el alineado que cumpla las condiciones mínimas de diseños (radios de curvatura, pendientes, cortes, rellenos y conformado de un paquete estructural con capa de rodadura de pavimento flexible).

2 ANALISIS INICIAL

Para la definición y priorización de las obras de infraestructura, se realizaron varias visitas y un recorrido de todo el tramo donde se emplazará el diseño final del proyecto en las cuales se discutieron alternativas en base a expectativas y experiencias de la comunidad y las posibilidades técnicas económicas e hidráulicas, compatibilizando las mismas con los potenciales de la zona.

2.1 Descripción del Estado Actual del Camino

Los caminos existentes presentan problemas típicos de este tipo de rutas, radios de curvatura reducidos, anchos de plataforma mínimos, superficie de

rodadura en mal estado y sin conservación, y prácticamente inexistente sistema de drenaje.

El camino en actual estudio está formado por una capa de rodadura de ripio muy gastada en algunos tramos la cual en época de lluvia sufre problemas de drenaje, esta consta de una vía de 2 carriles la cual en cierta progresiva del camino se reduce de manera considerable por la excesiva invasión de los comunarios y sus viviendas a la sección del camino.

Este camino cuenta con una infraestructura de drenaje inadecuada ya que cuenta con algunas alcantarillas de cruce las cuales ayudan a que la vía no se inunde, pero al no contar con cunetas el camino en época de lluvias sufre daños por el escurrimiento de agua por su calzada lo cual produce surcos en la vía.

Figura N°3.1: Alcantarilla de Cruce Existente



Entre las características técnicas existentes actualmente en este camino se pueden nombrar las siguientes:

- La longitud del camino es de 7,433 Km.
- Las pendientes existentes en el camino en cuestión son variables y

estas oscilan entre el 1, 5% y el 8,1%.

- El camino cuenta con 2 carriles variables que oscilan entre 2 a 3 metros de ancho cada uno.
- Otro aspecto son la cantidad de alcantarillas con la que cuenta este camino, como se muestra a continuación:

Cuadro N°3.1: Ubicación de las Alcantarillas Existentes

PROGRESIVA	COTA DE FUNDACION	LONGITUD (m)	SECCION ø (m)
0+190,00	2044.45	10.811	Ø 0.90
1+110,00	2072.00	10.812	Ø 0.90
2+465,00	2096.52	10.812	Ø 0.90
4+020,00	2130.97	10.812	Ø 0.90
4+295,00	2137.42	10.812	Ø 0.90
5+073,00	2150.46	12.042	Ø 0.90
5+187,00	2156.49	10.812	Ø 0.90
5+740,00	2163.08	10.812	Ø 0.90
6+103,00	2167.7	10.812	Ø 0.90
6+009,00	2171.5	12.042	Ø 0.90
5+607,00	2166.39	10.812	Ø 0.90
5+740,00	2161.5	10.812	Ø 0.90
6+103,00	2167.7	10.812	Ø 1.00
6+835,00	2177.45	10.811	Ø 1.00

Algunas de estas alcantarillas serán remplazadas por otras de mayor diámetro, y por otra parte existirá la creación de nuevas alcantarillas, las cuales ayudaran al correcto drenaje de las aguas de lluvia preservando la vida del camino.

- Este camino cuenta actualmente con 2 badenes de 3 x 5 m
- El camino actual cuenta con un trazo el cual tiene falencias tanto en radios mínimos permitido.

- Este camino no cuenta con cunetas, sobre anchos y ningún tipo de señalización.

2.2 Planteamiento del Proyecto

El pavimento del camino vecinal, objeto del presente estudio, tienen una longitud aproximada de 7,433 kilómetros

Para la elaboración del proyecto se tomaron en cuenta varias consideraciones fundamentalmente en el trazo de la rasante del camino, las pendientes, radios de curvatura, capa de rodadura, etc.

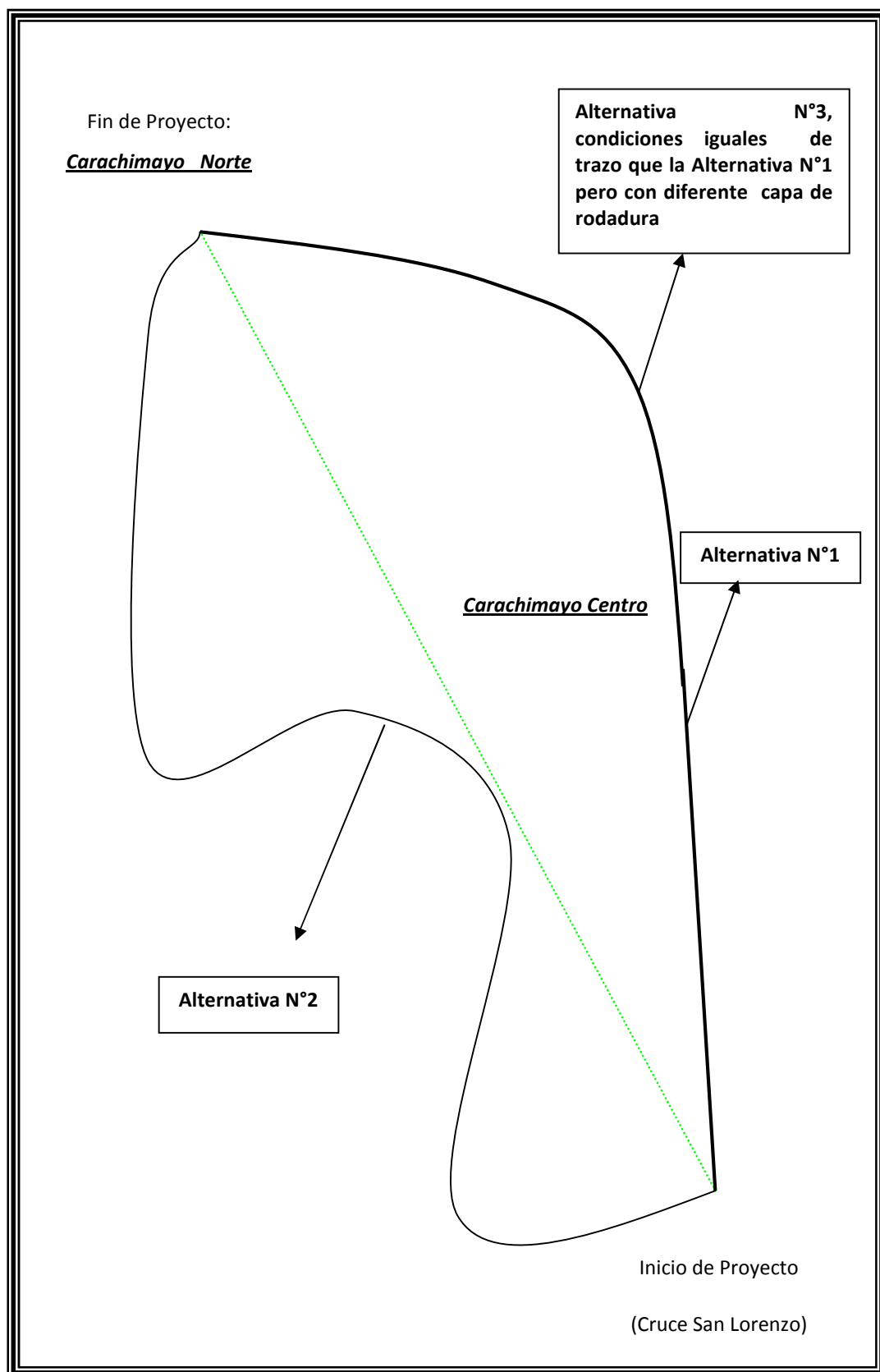
3 ANÁLISIS Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS

La elección de la ruta o alternativa viable es la etapa más importante del proyecto de este tipo de obras de infraestructura, pues los errores que se cometen en las etapas subsecuentes se corrigen de una manera más fácil y económica que en una mala elección de la ruta o mala alternativa elegida por el profesional encargado del proyecto, en general esto consiste en varios ciclos de reuniones, reconocimientos, informe y estudio.

En esta fase de la elección de la mejor alternativa los trabajos son de carácter multidisciplinario, ya que intervienen profesionales de diferentes ramas de la ingeniería, como especialista en proyecto geométrico y en planeación e ingeniero geólogos.

Para realizar el presente proyecto **ESTUDIO A DISEÑO FINAL “PAVIMENTADO CRUCE SAN LORENZO – CARACHIMAYO”**, se efectuaron primero un acopio exhaustivo de datos de la zona o área de influencia del presente estudio a comunicar, mediante mapas del país, del estado o municipio, de preferencia con curvas de nivel; mapas de climas, geológicos y de minas; fotografía aérea, etc.

Figura N°3.2: Grafico de las Alternativas



3.1 Selección de la Mejor Alternativa

En función del problema que se desea resolver corresponde identificar, definir y analizar todas aquellas alternativas técnicas y económicas en lo mejor posibles.

En el presente proyecto se localizaron puntos obligados como ser esto:

El alineamiento en planta próximo o sobre el eje del camino existente y en el alineamiento vertical que algunas elevaciones que debían coincidir con algunas alcantarillas y puentes que están dentro del nuevo alineamiento y especialmente que el nivel de la rasante no esté por debajo del nivel de los canales de riego cuyo paso están atravesando el camino transversalmente.

Para el diseño del proyecto se utilizaron pendiente máxima de 8.00% que están dentro de la norma del SNC y AASTHO. Para el diseño en planta se trazaron alternativas para mejorar el anterior, trazo existente, especialmente en la parte del inicio, cerca del colegio de Carachimayo y al final del tramo ya que en esos lugares cuentan con radios muy pequeños que no están dentro de la normas y también adaptar algunos puntos de inflexión y radios de curvaturas entre los límites de terrenos que no están dentro de la norma. También se tuvo en cuenta para el alineamiento del camino a las familias propietarias de las tierras que está entre los límites del camino, sin que esto provoque conflictos sociales.

Para la alternativa de trazo se definirá con una poligonal abierta ubicada en los puntos de inflexión o PI's, en función a los radios de curvatura mínimos para aquellos casos que el ángulo de inflexión sean bastante grande.

En el análisis de las alternativas fueron consideraron tres, la primera alternativa donde inicia el camino y siguiendo el trazo existente hasta el final del camino con pavimento flexible, la segunda alternativa cambiando el trazo

existente por una nueva variante con pavimento rígido y la tercera alternativa igual que la primera alternativa con pavimento rígido.

3.1.1 Alternativa N°1

La primera alternativa mantener el trazo actual mejorándolo el alineamiento, los radios de curvaturas en caso de que estos sean menores a lo que está permitido en la norma, ampliando el ancho de calzada del camino existente, señalizándolo en los puntos en los cuales sean necesarios, manteniendo las pendientes longitudinales para evitar mayor movimientos grandes de volumen de tierra, conservando la propiedad privada sin causar ningún impacto negativo a los comunarios de la zona y respetar algunos tramos que tienen puntos obligados por la existencia de canales de riego que atraviesan el nuevo alineamiento, alcantarillas y puentes existentes y con un paquete estructural de pavimento flexible.

3.1.2 Alternativa N° 2

En la segunda alternativa va directamente a cambiar el trazo mejorando el alineamiento del camino y señalizándolo, evitando que existan muchos puntos de inflexión como también muchas curvas horizontales innecesarias, mejorando las pendientes y radios de curvaturas, como así también evitando invadir la propiedad privada en algunos casos que se pueda evitarlo; que modificando el paso del tramo en su totalidad esto significa mejorar con obras de drenajes de arte menor y mayor, colocándolo un paquete estructural de pavimento rígido.

3.1.3.- Alternativa N° 3

La tercera alternativa mantener el trazo actual mejorándolo el alineamiento, los radios de curvaturas en caso de que estos sean menores a lo que está permitido en la norma, ampliando el ancho de calzada del camino existente,

señalizándolo en los puntos en los cuales sean necesarios, manteniendo las pendientes longitudinales para evitar mayor movimientos grandes de volumen de tierra, conservando la propiedad privada sin causar ningún impacto negativo a los comunarios de la zona y respetar algunos tramos que tienen puntos obligados por la existencia de canales de riego que atraviesan el nuevo alineamiento, alcantarillas, puentes existentes y con un paquete estructural de pavimento rígido.

3.2 Evaluación Técnica

3.2.1 Alternativa N°1

La alternativa N°1 tiene una longitud aproximadamente de 7.433 kilómetros, esta alternativa se considera como la más adecuada para el proyecto en estudio, para sustentar esta afirmación se puntualizaron lo siguiente:

- Siguiendo el tramo existente y mejorando los radios de curvatura en caso de que esto sean menores a lo que es permitido, conservando la propiedad privada sin causar ningún impacto negativo a los comunarios de la zona.
- Manteniendo las pendientes longitudinales del tramo existente que no exceden más del 8.5% en toda su longitud, esto con la finalidad de evitar mayor movimiento de tierra.
- Al diseñar adecuadamente las curvas horizontales se tendrían trazos adecuados la misma que ayudara y permitirá una circulación con velocidad constante y además al mejorar los peraltes se reducen en gran medida el riesgo de vuelco de vehículos con excesiva velocidad.

- En esta alternativa las pendientes serían mejoradas solucionando el problema de visibilidad vertical, además reduciría la energía necesaria para circulación tanto de vehículos como de animales.
- En algunos tramos se tienen puntos obligados por la existencias de canales de riegos que se atraviesan y algunas alcantarillas que están dentro del trazo del alineamiento, que modificando el paso en su totalidad esto significa un aumento en el presupuesto de la obra, ya que el estudio busca la posibilidad de analizar una alternativa con el menor costo posible.
- Los alineamientos serian más adecuado generando mayor fluidez y confort al conducir.
- En la parte más alta al final del camino donde se encuentran los cultivos se verá la posibilidad de mejorar la visibilidad alineando el trazo invadiendo terreno de cultivo con una longitud aproximadamente de 160 metros.
- Al obtener el pavimentado flexible por el trazo existente, se reducirían considerablemente el costo de la carpeta de rodadura en comparación a una carpeta de rodadura de hormigón por la longitud que tiene esta alternativa.
- Con el paquete estructural de pavimento flexible se proveerá una superficie de rodadura económica y duradera para vías que tienen un tránsito mediano y bajo aparte de ser un tramo colector.
- Al Lograr el pavimentado por el camino ya construido ,se reducirían considerablemente los volúmenes de tierra a moverse y por ende el

costo del camino, ya que gran parte de el corte que se llevaría a cabo de haber un nuevo trazo seria sobre roca

3.2.2 Alternativa N°2

La alternativa N°2 tiene una longitud aproximada de 11.35 kilómetros.

- Esta alternativa presenta también ventajas similares a la alternativa N° 1, y en gran medida, mejoraría el trazo del camino, aumentando la velocidad de diseño para un camino de esta anchura, sin embargo representara mayor movimientos de tierra y una consecuente una apertura de un nuevo camino, los costos que representaría su implementación serían elevados, que representan limitaciones de orden técnico que representan considerables desventajas para esta alternativa en relación con la N° 1.
- La población beneficiaria de manera “directa” seria escasa ya que al no tener el pavimentado por el camino existente muchas familias productoras de la zona tendrían que trasportar sus productos a distancias considerables hasta poder llegar al estrecho del camino.
- Con la implementación de un paquete estructural de pavimento rígido se mejoraría sus características técnicas, pero el costo sería mayor al de la alternativa N°1 y además por la longitud que tiene esta alternativa N°2.
- Al realizarse el pavimentado por la alternativa N°2, se implementarían obras de arte menor y obras de arte mayor (Puentes) por lo que el

proyecto se encarecerá aun mas por la implementación de arte mayor; en comparación de la alternativa N°1 ya que se aprovecharía mucho las obras de arte menor en dicha alternativa.

3.2.3 Alternativa N°3

- Esta alternativa fue colocar una capa de Pavimento rígido en lugar de un pavimento flexible, la cual fue considerada pero descartada ya existiría un costo demasiado elevado en la construcción de este camino, además la gran desventaja que presenta el pavimento rígido es la incomodidad al recorrerlo ya que al contar con juntas de dilatación este pavimento presenta pequeños golpeteos lo que resulta molesto a la hora de conducir.
- Además no justifica la implementación de un pavimento rígido para una vía colectora que tiene un tránsito con un tráfico de bajo y mediano volumen de vehículos.

3.3 Evaluación Socioeconómica

3.3.1 Alternativa N°1

Esta alternativa mejoraría en gran medida la circulación y flujo vehicular, aspecto que redundaría en la reducción de los costos de transporte, y el consiguiente incremento de flujo del mismo. Estos factores facilitarían el incremento de las producciones y por ende los ingresos de los pobladores, mejorando de manera considerable la calidad de vida de los mismos, a su vez, proporcionaría una tasa interna de retorno al proyecto mucho mayor. Además de ser la alternativa optima desde este aspecto ya que al utilizar el trazo actual del camino y realizando un movimiento mínimo de tierras el costo de este

camino por kilómetro se reduciría bastante lo cual fuese un indicador adecuado para la construcción de este diseño, además de ser la alternativa aprobada socialmente en las visitas realizadas en las comunidades perteneciente al Cantón de Carachimayo. Por todas estas consideraciones se define la alternativa como la más apropiada.

3.3.2 Alternativa N°2

Según criterio, La alternativa N° 2 presenta una gran desventaja desde el punto de de vista socio económico, ya que para el diseño de un nuevo trazo o variante, se tendría que expropiar un área considerable de terrenos pertenecientes a los residentes del área, aspecto que en primer lugar elevaría considerablemente el costo del proyecto, y en segundo causaría malestar en lugar de beneplácito a los pobladores, Además de realizar grandes movimientos de Tierra en la zona de la variante y obras de drenajes, lo cual incrementaría el costo de este camino notablemente porque la formación geológica que presenta la zona es rocosa lo que conlleva a la excavación con maquinaria pesada y explosivos. Como también la construcción de obras de arte menor y mayor. Todos estos factores transforman en inviable esta opción.

3.3.3 Alternativa N°3

En el campo socio económico la desventaja que presenta la alternativa N° 3 es el elevado precio del camino ya que volvería a este inviable y no podría realizarse la fase de construcción por el costo que presenta construir un pavimento rígido.

Figura N°3.3: Área de la Zona de Estudio
P.C.: Principio del Camino F.C.: Fin del Camino



3.4 Aspecto Técnico de la Alternativa Elegida

El presente proyecto está elaborado en base a norma de la AASTHO y el manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito (Manual basado en la norma AASTHO) por lo que el proyecto sigue varias etapas, que establecen en forma claras los objetivos; dentro de esas etapas en la ingeniería de proyecto se tienen sub – etapas, entre las cuales se encuentran el reconocimiento y el análisis de alternativas técnico, económico y social.

Sin duda es importante antes de realizar el reconocimiento y la elección de la alternativas conocer los antecedentes que guardan relación con el tramo de estudio, entre estos antecedentes necesariamente están los tipo social, económico, político y técnico.

Como el presente **ESTUDIO A DISEÑO FINAL “PAVIMENTADO CRUCE SANLORENZO – CARACHIMAYO”**, implementa el mejoramiento de una ruta pavimentada se ha planteado tres alternativas, donde se tomaron en cuenta las pendientes admisible, los movimiento de tierra, alineamiento, radio de curvatura y la adecuada ubicación de las obras de arte como las alcantarillas de alivio y la carpeta de rodadura, tratando de proyectar el camino equilibrando las características técnicas, económicas, sociales y ambientales.

Se tomo en cuenta los siguientes aspectos:

- Trazado del camino
- Menor movimiento de tierra
- Menor costo
- Capa de rodadura

Analizando desde el punto de vista técnico y económico de estas tres alternativas, se puede decir que la alternativa elegida es la primera, pues es la que se adapta al terreno y brinda mayor seguridad a los conductores, sin

embargo el trazo obliga a quitar una porción de terreno de cultivo, pero la intromisión no es grande.

El trazo definitivo conduce a tener un camino pavimentado con un alineamiento mejorado, con curvas horizontales mejorándolos donde existen radios pequeños se relazaron curvas de transición y mayor seguridad al conductor con la implementación de señalización en los puntos donde sean necesarios y con una carpa de rodadura de pavimento flexible desde el punto de vista económico.

4 ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

4.1 Introducción

El drenaje apropiado en una carretera es una consideración muy importante en el diseño de la misma. Las instalaciones inadecuadas para drenaje pueden conducir al deterioro prematuro de la carretera y al desarrollo de condiciones adversas de seguridad. Por lo tanto, es común que se destine una parte apreciable del presupuesto de construcción de la carretera a las instalaciones de drenaje.

En esencia, la función general del sistema de drenaje de una carretera es extraer el agua de lluvia del camino, así como el agua del derecho de vía de la propia carretera y depositarlas en lugares adecuados. El sistema de drenaje debe de suministrar las condiciones de drenaje superficial y drenaje sub-superficial necesarias para cumplir este objetivo.

Todos los caminos se deben proyectar de manera que conduzcan eficazmente las crecidas producidas por las intensidades de lluvia máximas de manera segura librando de daños estructurales al camino, evitando problemas ambientales principalmente a corrientes de agua cercanas o a las propiedades adyacentes.

El presente estudio determina las características hidráulicas para el diseño del camino “Pavimentado Cruce San Lorenzo - Carachimayo” realizando un análisis de los datos hidrológicos y geomorfológicos de las cuencas, necesarios para estos diseños.

En forma general a efectos de síntesis señalamos que el régimen hidrológico de la zona depende principalmente de los factores climáticos, es decir, factores relacionados con la atmósfera y que determina el inicio del sistema hidrológico.

Además influyen notablemente en el comportamiento hidrológico de la zona de proyecto elementos como es el caso del factor físico, en este caso representado por las planicies reinantes en la zona de proyecto.

Para el análisis de las sub-cuencas es necesario considerar todos los elementos y niveles en el proceso de formación del escurrimiento, es decir que los caudales no solamente son dependientes de la magnitud de las precipitaciones, sino de la estructura y estado de la cuenca en general.

4.2 Hidrología

Está clasificado como paisaje de Montañoso con disección moderada. Caracteriza la cima de los cerros conocidos como La cuesta de Sama, Lomas de Calama, colinda al Este con la Comunidad Monte Cercado, al Noroeste con la comunidad de Canasmoro, las comunidades de referencia son Sella, Trancas, San Lorenzo, Tomatas Grande y El Monte Cercado, presenta una disección moderada, con una litología constituida por rocas de limonitas, areniscas, un relieve con pendientes escarpadas a extremadamente escarpadas.

4.2.1 Recopilación de la Información

Los datos hidrológicos utilizados en el estudio provienen de los registros del (SENAMHI) los mismos que consisten principalmente en:

- Temperaturas medias
- Temperaturas mínimas medias
- Temperaturas máximas medias
- Temperaturas mínimas extremas
- Temperaturas máximas extremas
- Humedad relativa
- Nubosidad media
- Evaporación
- Insolación media
- Radiación solar
- Vientos
- Alturas de precipitación
- Precipitaciones máximas en 24 hrs.
- N° de días con lluvia
- Ubicación de las estaciones

Las estaciones de referencia adoptada para el estudio son: Canasmoro, San Lorenzo, Sella Quebrada y Trancas ajustándose de manera correcta al comportamiento en la zona y con un registro considerable de datos.

4.2.2 Zonificación Pluviométrica y Análisis de Consistencia de Datos

Se realizó una inspección a los datos de las estaciones cercanas, pudiéndose determinar que las únicas estaciones consistente son: Canasmoro, San Lorenzo, Sella Quebrada y Trancas; además esta estación se encuentra dentro de la Zona Pluviométrica del proyecto, motivo por el cual se ajusta de manera correcta al comportamiento climático de la misma.

En cuanto al análisis de consistencia de los datos acumulados, la estación alcanza una correlación superior al 95 % por la cantidad y calidad de datos.

4.2.3 Análisis Probabilístico

Luego de concluidas las verificaciones de los datos del SENAMHI se procedió a analizar las precipitaciones máximas en 24 hrs. registradas ajustándose su régimen a la distribución de probabilidades de la Ley de Gumbell.

En la tabla siguiente se presenta la estimación de parámetros para esta distribución correspondiente a Canasmoro, San Lorenzo, Sella y Trancas.

Cuadro N°3.2: Datos de las Estaciones
Estimación de parámetros para la Ley de Gumbell

	CANASMORO	SAN LORENZO	SELLA QVDAS	TRANCAS
MEDIA	603,18	501,51	620,63	762,51
DESVIACIÓN ESTANDAR	108,01	124,19	89,65	120,69
VARIANZA	11666,89	15421,95	8037,28	14566,29
C. V.	0,18	0,25	0,14	0,16
MODA	554,57	445,63	580,29	708,20
CARACTERISTICA	0,34	0,48	0,27	0,30
NUMERO DE AÑOS	13	24	14	27

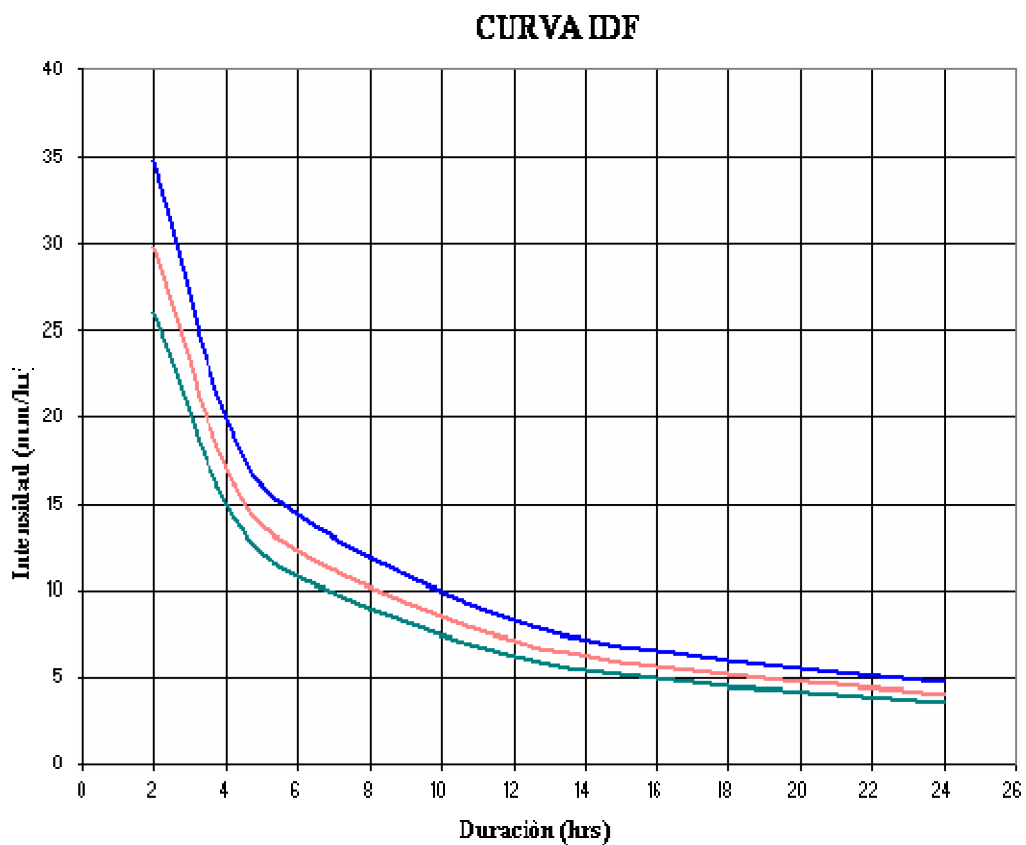
MEDIA PONDERADA	630,18
DESVIACIÓN PONDERADA	114,08
VARIANZA PONDERADA	10746,75
C. V. PONDERADO	0,19
MODA PONDERADO	578,85
CARACTERISTICA PONDERADO	0,36

4.2.4 Análisis Pluviométrico

Con estos valores se calcularon las intensidades para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones de lluvias.

Los valores de estas intensidades se los representa mediante las curvas IDF y sus correspondientes ecuaciones.

Figura. N°3.4: Curvas IDF y Ecuaciones de Ajuste



4.3 Hidráulica

4.3.1 Establecimiento de Obras de Drenaje

Es muy importante el establecimiento de la implementación de obras de drenajes en este tipo de proyecto de infraestructura caminera, porque es la

principal forma de asegurar su vida útil, serviciabilidad y eficiencia, evitando que el agua proveniente de las precipitaciones pluviales y las aguas subterráneas afecten de alguna manera al paquete estructural así de esta forma nos ayuda a:

Evitar o minimizar los cambios hidrológicos de los ríos, arroyos, agua subterránea y áreas de inundación por donde pase una carretera en construcción.

Evitar que las aguas superficiales se infiltren en los taludes y se produzcan procesos de erosión del agua de escorrentía que circula por la superficie de excavación.

En el proceso constructivo de las carreteras cuando se establecen las plataformas viales o se efectúan cortes en los taludes se produce una alteración del drenaje superficial y subterráneo en los terrenos donde se plantea una obra de infraestructura caminera.

Dependiendo de la ubicación del proyecto vial, las afectaciones pueden ser confinadas a sitios específicos o bien afectar a grandes sistemas hidrológicos. Las aguas cuando no son conducidas adecuadamente suelen producir inundaciones, desbordes, torrentes y afectar a los ecosistemas, por lo tanto es necesario realizar una serie de obras de drenaje para encausar las aguas.

La infraestructura de drenaje de las obras viales debe ser construida incorporando una variable ambiental y de esa manera evitar y minimizar los daños e impactos negativos a los ecosistemas.

El agua afecta a todas las facetas de la capacidad de uso de la obra vial. Grandes cantidades de agua en el material de base de la plataforma afecta la carretera de grava o asfaltada, debilitando la superficie y que combinada con el tráfico de vehículos, que en numerosos casos transportan cargas con exceso de peso, ocasiona deformaciones de la estructura por la aplicación de un

esfuerzo mecánico. Las deformaciones producen la aparición de grietas o fisuras en la superficie de un pavimento o estructura de la capa de rodadura y que posteriormente se transforman en baches u hoyos.

Estos problemas a su vez determinan que las aguas se infiltren en la plataforma vial y produzcan hundimientos o asentamientos de la carpeta asfáltica o de la capa de rodadura, generando un deterioro general del paquete estructural del terraplén de la vía.

Si no hay un adecuado encause de las aguas, se produce la erosión de los suelos y la rotura de los bordes de la plataforma y de la capa de rodadura. Un buen sistema de drenaje superficial es la mejor manera de disminuir o eliminar los daños que las aguas producen a la vía. La evacuación de las aguas por medio de cunetas laterales, alcantarillas, bajantes y zanjas de coronamiento posibilita la protección de la plataforma y los taludes de las laderas.

Las cunetas son zanjas construidas al borde de la calzada para recoger y evacuar las aguas superficiales a través de conductos subterráneos que se ubican cada cierta distancia dirigiendo las aguas de un lado de la vía hacia el otro. Estos conductos, llamados alcantarillas, ayudan a controlar el flujo del agua y disminuyen su velocidad para anular el efecto erosivo.

Las zanjas de coronamiento son canales construidos en la parte alta del talud o faldeo para evitar que las aguas lleguen a la carretera. Estas obras de infraestructura evitan que se produzcan derrumbes o deslizamientos del material o desprendimientos de tierras de una ladera o talud por socavación.

La construcción de obras de infraestructura mencionada si no toma en cuenta la variable ambiental puede ocasionar problemas ambientales a diversos ecosistemas, alterando los cursos de agua, provocando contaminación en los ríos, produciendo afectaciones a la flora, fauna y uso de la tierra. En otros casos si no se estudia adecuadamente la problemática del drenaje puede

incluso afectar a la misma plataforma vial deteriorando gravemente las obras de arte.

En la ejecución de obras de drenaje se debe contar con buenos diseños, los cuales deben estar supervisados por especialistas hidráulicos y ambientales que identifiquen los potenciales problemas que pueden generar esas obras y recomienden medidas de mitigación necesarias estableciendo los respectivos costos.

Para el presente proyecto, estos diseños se efectuaron en función a los datos y resultados hidrológicos y climáticos explicados anteriormente.

4.3.2 Responsabilidad del Monitoreo de las Obras de Drenaje

Los responsables de la ejecución de las obras de drenaje deberán realizar un seguimiento y medición constante, cuidando que los diseños se cumplan siendo estos medios previstos para la protección tanto de la estructura de la plataforma como de los taludes y consiguientemente del ecosistema que los rodea.

Deberán tomar las acciones necesarias que permitan que las directrices, acciones y medidas de seguridad hidráulica y ambiental no dañen las estructuras y el ecosistema o, en su defecto, se reduzcan los daños de la mejor manera posible.

4.3.3 Drenaje de Caminos

Es de conocimiento que en todas las técnicas aplicadas a ingeniería en camino el problema fundamental es el de drenaje de las mismas, factor determinante de su diseño y ejecución, por lo que se lo estudia en forma amplia, aun sin contar con mucha información completa, especialmente en la parte que corresponde a datos hidrológicos.

Es importante que los caminos vecinales no se deterioran por el tráfico si no por la erosión hidráulica, que es la parte más importante para tener mayor duración de la vida útil de un camino.

Para una mayor comprensión de un estudio, las obras de drenajes se dividen en dos tipos:

- Drenaje Superficial
- Drenaje Subterráneo

4.3.3.1 Drenaje Superficial

Los drenajes superficiales se encargan de garantizar la estabilidad del camino, su función es de recoger las aguas provenientes de la plataforma, los taludes y llevarlo en el tiempo más corto fuera de la obra.

En el presente estudio solo existen drenajes superficiales y son consideradas las siguientes obras:

- Cunetas
- Alcantarillas de Cruce y Alivio

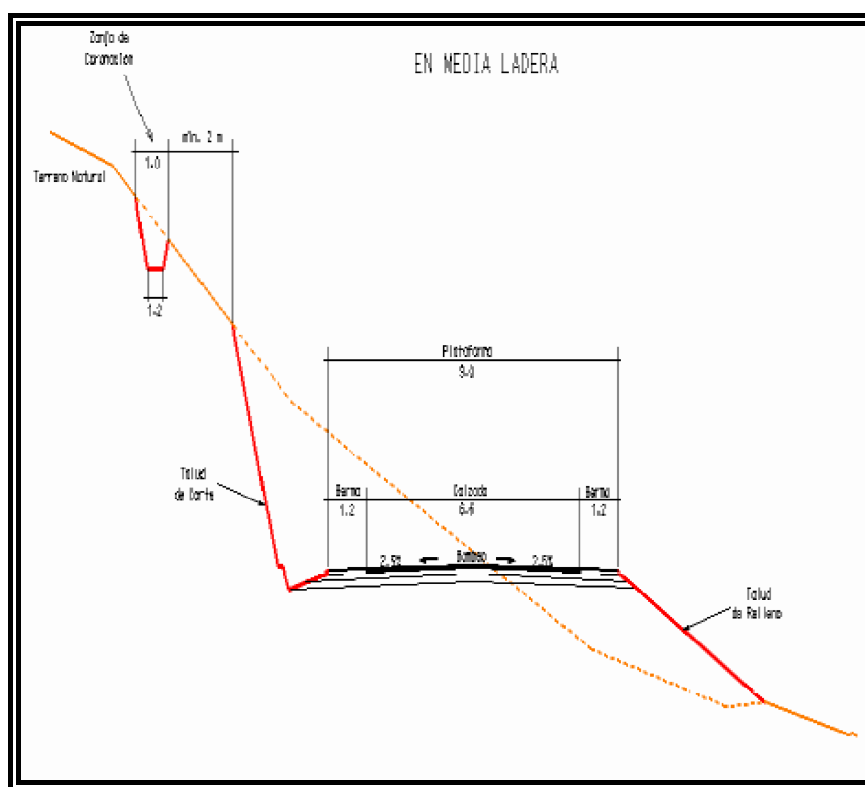
Estos elementos tienen una composición muy común en carreteras de diferentes tipos. Los diseños a detalle de los mismos se presentan en el (ANEXO N°6).

4.3.3.1.1 Cunetas

El dimensionamiento de las cunetas superficiales debe ser calculado adecuadamente para que sean capaces de evacuar los caudales máximos previstos para esa zona. Si se construye en un área prístina tropical con bosques donde se presume habrá un proceso de colonización campesina con

elevadas tasas de deforestación, las cunetas deberán ser diseñadas para recibir mayores caudales por el incremento de caudales a futuro.

Figura N°3.5: Cuneta lateral y Zanja de Coronamiento
Vista en Sección Transversal del Camino



En el presente estudio se observa la importancia de dotar a la carretera de elementos hidráulicos que permitan su utilización en óptimas condiciones protegiendo la inversión inicial del proyecto a lo largo de su vida útil.

4.3.3.1.2 Alcantarillas

En los lugares o zonas donde se fabrican o construyen tubos de cemento para alcantarillas y drenes, los constructores deben tomar medidas para que no se produzcan derrames de cementos, limos, arcillas o concreto fresco a los cursos de las aguas, suelos y vegetación. En cada una de estas áreas se debe construir piscinas de sedimentación con filtros geotextiles que atrapen los sedimentos finos para evitar contaminación.

Cuadro N°3.3: Ubicación de las Alcantarillas de Cruce y Alivio

PLANILLA DE ALCANTARILLAS A REMPLAZAR						
Nº	PROG.	COTA FUND.	LONG.(m)	SECC. Ø (m)	CARACTERISTICAS	OBSERV.
1	0+190,00	2044,45	10,81	1 Ø 0.90	Tubería ARMCO	Existente
2	1+110,00	2072,00	10,81	2 Ø 0.90	Tubería ARMCO	Reemplazar
3	2+465,00	2096,52	10,81	2 Ø 0.90	Tubería ARMCO	Reemplazar
4	4+020,00	2130,97	10,81	2 Ø 0.90	Tubería ARMCO	Existente
5	4+295,00	2137,42	10,81	2 Ø 0.90	Tubería ARMCO	Reemplazar
6	5+073,00	2150,46	12,04	2 Ø 0.90	Tubería ARMCO	Reemplazar
7	5+187,00	2156,49	10,81	2 Ø 0.90	Tubería ARMCO	Existente
8	5+740,00	2163,08	10,81	2 Ø 0.90	Tubería ARMCO	Reemplazar
9	6+103,00	2167,70	10,81	2 Ø 0.90	Tubería ARMCO	Reemplazar
10	6+009,00	2171,50	12,04	2 Ø 0.90	Tubería ARMCO	Reemplazar
11	5+607,00	2166,39	10,81	2 Ø 0.90	Tubería ARMCO	Reemplazar
12	5+740,00	2161,50	10,81	2 Ø 1,00	Tubería ARMCO	Reemplazar
13	6+103,00	2167,70	10,81	2 Ø 1,00	Tubería ARMCO	Reemplazar
14	6+835,00	2177,45	10,81	2 Ø 1,00	Tubería ARMCO	Reemplazar
PLANILLA DE ALCANTARILLAS DE ALIVIO						
Nº	PROG.	COTA FUND.	LONG.(m)	SECC. Ø (m)	CARACTERISTICAS	OBSERV.
1	1 0+520,0	2053,00	10,81	Ø 0.90	Tubería ARMCO	Nuevas
2	2 0+922,0	2064,40	10,81	Ø 0.90	Tubería ARMCO	Nuevas

Las alcantarillas que se construyan deben tener una pendiente mínima de 1 a 2% de tal manera que se evite la sedimentación de materiales y obstrucciones. En zonas donde las pendientes son muy pronunciadas las alcantarillas deben tener una pendiente adecuada que no genere velocidades excesivas de las aguas y produzcan erosión de los taludes.

Para la instalación de alcantarillas se debe realizar un análisis detallado del lugar de salida de las aguas de manera que estas no produzcan problemas de

erosión que afecten tanto a la infraestructura misma de las obras de drenaje como a la estructura de la vía y al ecosistema en su conjunto.

Figura N°3.6: Batería de Alcantarillado de 1 Metro de Diámetro



Las alcantarillas deben ser diseñadas de manera que las aguas colectadas en las cunetas evacuen y estén direccionadas hacia quebradas o cursos naturales para evitar la interrupción de los flujos o caudales naturales.

Los lugares de ingreso y salida de las alcantarillas deben contar con amplios muros laterales que protejan la estructura y la obra en general contra la erosión de las aguas pluviales y la socavación provocada por la construcción.

Cada curso de agua permanente que atraviese la carretera debe contar con su respectiva alcantarilla de acuerdo al diseño final de la obra de infraestructura con dimensiones de acuerdo al curso de agua interceptado.

En el proceso constructivo de la alcantarillas la empresa realizara desvíos temporales de los cursos de las aguas. En este caso se deberá verificar que estos desvíos no ocasionen problemas a la estructura vial, a la obra de drenaje o a los suelos, vegetación y fauna de la zona.

Figura N°3.7: Alcantarillado de Alivio



Una vez finalizada la obra el constructor deberá conformar los terrenos adyacentes de tal manera que queden tal como se encontraban previos a su intervención.

4.3.3.2 Drenaje Subterráneo

Este tipo de drenaje se instala dentro de la estructura del pavimento para drenar agua de una o más de las siguientes formas:

- Agua que ha percolado a través de grietas y juntas en el pavimento hacia los extremos subyacentes.
- Agua que se ha desplazado hacia arriba a través de los estratos subyacentes de suelo como resultado de la acción capilar.
- Agua que existe en el suelo natural debajo del nivel freático, generalmente llamado agua subterránea.

4.3.4 Diseño de Cunetas Laterales, de Alejamiento y Alcantarillas de Alivio

Para el diseño de cunetas se tomaron en cuenta además de los caudales factores como el tipo de terreno y los caudales mencionados anteriormente.

Se calcularon mediante la ecuación de Manning para secciones trapezoidales como se puede observar en el anexo correspondiente y en los planos de detalle.

El caudal a ser evacuado por las cunetas y alcantarillas de alivio es calculado y detallado más adelante.

La cuneta de sección trapezoidal es la más aconsejable para acompañar el diseño longitudinal debido a su eficiencia hidráulica y a sus características auto limpiantes, además a la facilidad de ejecución con el equipo pesado.

4.3.5 Especificaciones Ambientales para la Protección de los Cuerpos de Agua

Si bien el agua es uno de los compuestos más abundantes en la superficie de la tierra, solamente una pequeña fracción se encuentra disponible como agua potable, para uso industrial o riego.

Un 97,3% del líquido elemento se encuentra como agua salada en los océanos, un 2% como hielo en los glaciares y casquetes polares, un 0.67% s agua subterránea y menos del 0.01% es agua superficial contenida en ríos y lagos (**Bliefert, 1995**)

Esta pequeña fracción de agua dulce se encuentra amenazada por la contaminación doméstica, industrial, minera, agrícola, etc., por lo que su disponibilidad es cada vez menor frente al incremento de la demanda por el crecimiento demográfico de la población mundial.

El sector transporte también puede contribuir a la contaminación hídrica, especialmente en la fase de construcción.

Las acciones de un proyecto carretero que causan impactos en la hidrología superficial y subterránea son:

Desviación temporal o permanente de caudales.

Impermeabilización de superficies.

Erosión hídrica debido al movimiento de tierras.

Arrastre de partículas y contaminantes provenientes de la combustión de carburantes (polvo y gases de combustión).

Utilización de aditivos para la conservación de la vía.

Vertidos accidentales

Los efectos que se manifiestan en los cuerpos de agua son modificaciones en los caudales de agua superficial, cambios en la recarga de los acuíferos y alteraciones de la calidad del agua.

El principal problema de contaminación de los recursos hídricos en la construcción de carreteras es el movimiento de tierras, que puede causar la contaminación del agua por sólidos en suspensión. Los taludes y buzones de disposición de material excedentario pueden ser erosionados por efecto de las precipitaciones y escurrimiento superficial del agua, causando el arrastre de sedimentos.

También puede producirse una contaminación por combustible o lubricantes en caso de ser manejados sin cuidado. Este efecto puede presentarse tanto en la fase de construcción, como durante la operación o mantenimiento de la vía.

4.3.6 Especificaciones Ambientales para Preservación de la Hidrología

En toda la construcción debe evitarse la interrupción u obstaculización de los drenajes naturales, colocando un número suficiente y adecuado de alcantarillas y cajas recolectoras simultáneamente al levantamiento de terraplenes y la nivelación de la vía; no se debe dejar nunca esta tarea para después de la construcción de las vías.

Algunas construcciones requerirán de desvíos temporales de cursos naturales de agua; al concluir las obras, estos desvíos deberán ser restaurados a sus condiciones originales.

Los drenajes artificiales deberán en lo posible seguir las curvas de nivel hacia los cauces naturales. Si esto no fuera posible, se deben construir obras civiles de protección mecánica para el vertido de las aguas y estructuras de disipación de energía a la salida del terreno con el fin de evitar la erosión.

Se debe evitar la captación de aguas si ésta puede llevar al secamiento de la fuente o presentar conflictos con los usos por parte de la población local.

4.3.7 Especificaciones Ambientales para Protección de la Calidad de Agua

Durante la fase de construcción se deberán realizar las obras con mucho cuidado, especialmente los movimientos de tierra que pueden afectar muchas veces por descuido la calidad del agua de los cursos fluviales. El material excedentario debe ser dispuesto en buzones autorizados por la supervisión ambiental. Después de su abandono deben ser re-vegetados, al igual que los taludes de corte y relleno.

En caso de que las cunetas de una obra o trabajo, como por ejemplo el chancado de áridos, confluyan directamente a un río o quebrada, se deberá prever obras civiles que permitan la decantación de sedimentos. En algunos casos podrá ser necesario un tratamiento previo a la descarga del agua.

Se deben adoptar las medidas que garanticen que restos de concreto, cemento, limo arcillas u otros excedentes de la construcción no lleguen a los lechos de cursos de agua.

Los campamentos y sobre todo las cámaras sépticas y rellenos sanitarios asociados, deben ser instalados a una distancia adecuada de los cursos de agua, para evitar que los lixiviados puedan afectar la calidad del agua.

Se debe prohibir el vertido de desechos sólidos en los cursos de agua y tampoco en terrenos circundantes a ellos. La basura doméstica será almacenada en contenedores y trasladada periódicamente a un relleno sanitario.

Los residuos vegetales provenientes del desmonte no deben llegar a los cursos de agua, más bien deben ser amontonados adecuadamente para su descomposición natural y formación de humus del suelo.

El mantenimiento de la maquinaria, especialmente el cambio de aceite, debe realizarse de manera de no contaminar los suelos y aguas. Para ello, los patios del equipo mecánico deberán contar con un sistema de drenaje y recolección tanto de aguas como de otros materiales vertidos en los mismos. Además estas aguas deberán ser correctamente tratadas previo su vertido en los cursos naturales de agua. Los vehículos y demás maquinaria deberán ser lavadas en estos patios y no en ríos, quebradas u otros. No se deben arrojar desperdicios a los cuerpos de agua.

Las plantas de asfalto deben ser instaladas a por lo menos 50 metros de los cursos de agua; debe existir un lugar adecuado para la disposición de los residuos sólidos excedentes de los procesos de disposición de los residuos sólidos excedentes de los procesos de producción y se deben evitar los derrames de asfalto caliente en el suelo.

Durante la operación de una carretera existe la posibilidad de vertidos accidentales. En rutas con un tráfico regular de sustancias peligrosas, es necesario realizar canalizaciones y desviaciones a pozos aislados establecidos para este fin, con el propósito de proteger los cuerpos de agua cercanos.

4.3.8 Especificaciones Ambientales para Protección de Cauces de Ríos

En lugares donde las carreteras se acercan a los ríos se debe evitar la alteración de las riberas naturales. Si existiese el riesgo de crecidas que puedan afectar el terraplén, se construirán defensivos en los cauces de los ríos.

Se pueden armar estructuras de piedra o de madera, conocidas como espolones o espigones, que son recomendadas especialmente en la rectificación de corrientes torrenciales, a fin de contener las aguas y proteger las orillas contra la socavación.

4.3.9 Fase de Operación

En esta fase se deberá:

Las Alcantarillas deben ser sometidas a un proceso de mantenimiento rutinario, especialmente en la época de lluvias. Los trabajos de mantenimiento deberán contemplar la limpieza de troncos y ramas flotantes, sedimentos y otros materiales que en el área de inundación obstruyen el libre paso de las aguas por las estructuras de drenaje.

En esta fase se debe considerar la sustitución de alcantarillas deterioradas, o las que ya hubiesen cumplido su vida útil y no se encuentran aptas para continuar trabajando.

También se deberá realizar una limpieza periódica a las cunetas tanto laterales como de alejamiento, coronamiento y las bajantes, reparando cualquier daño

producido por agentes naturales (lluvias, asentamientos, derrumbes, otros) y no naturales (choques, daños provocados intencionalmente, otros). El cuidado de las obras de drenaje, constituye la vida útil de la estructura vial.

5 TOPOGRAFIA

5.1 Introducción

La topografía es un factor principal de la localización física de la vía, pues afecta su alineamiento horizontal, sus pendientes, sus distancias de visibilidad y sus secciones transversales. Desde el punto de vista de la topografía se puede clasificar los terrenos en cuatro categorías, que son:

5.1.1 Terreno Plano

De ordinario tiene pendientes transversales a la vía menores del 5%. Exige mínimo movimiento de tierras en la construcción de carreteras y no presenta dificultades en el trazo ni en su explanación, por lo que las pendientes longitudinales de las vías son normalmente menores en 3%.

5.1.2 Terreno Ondulado

Se caracteriza por tener pendientes transversales de la vía del 6% al 12%. Requiere moderado movimiento de tierras, por lo que permite alineaciones más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación, así como pendientes longitudinales típicamente del 3% al 6%.

5.1.3 Terreno Montañoso

Las pendientes transversales de las vías suelen ser del 13% al 40%. Para construir carreteras se necesitan máximo movimiento de tierras y existen

muchas dificultades para el trazado y la explanación. Pendientes longitudinales de las vías del 6% al 8% son comunes.

Figura N°3.8: Tramo de Estudio Zona Montañosa



5.1.4 Terreno Escarpado

Aquí las pendientes del terreno transversal de la vía pasan con frecuencia del 40%. Para construir carreteras se necesitan máximo movimiento de tierras y existen muchas dificultades para el trazado y la explanación, pues los alineamientos están prácticamente definidos por divisorios de aguas, en el recorrido de la vía. Por lo tanto, abundan las pendientes longitudinales mayores del 8%.

La topografía del camino de estudio se considera como un terreno montañoso por tener la mayoría de las pendientes transversales y longitudinales en ese rango aunque en una parte del tramo presenta una pendiente mayor al 8% como un terreno escarpado, pero en la mayoría de los tramos permite un

alineamiento recto, lo que limita que el alineamiento no sea en su totalidad recto son los terrenos de cultivos.

5.2 Trabajo de Campo

Se realizó un recorrido con verificación de pendientes y radios de curvatura, colocando una línea de trazo en toda la longitud del camino.

En esta etapa se fijaron los criterios básicos para el levantamiento topográfico: posibles variantes, pendientes admisibles, radios de curvatura mínimos y localización de obras de arte.

5.2.1 Aspectos Generales del Levantamiento

En campo se caracterizó cada punto del levantamiento, se colocaron 16 BM' cada 500m en sitios seguros y visibles, a un costado del eje de la vía, así como referencias auxiliares.

Figura N°3.9: Referencia de BM 4



Las estacas con su respectiva numeración fueron colocadas a lo largo de todo el eje de la vía, cada 20 metros y tomando como franja de levantamiento 15 metros a cada lado del eje.

Figura N°3.10 Colocado de Estacas

Se incluye, como ANEXO N°8, toda la información del levantamiento topográfico en listas que muestran las coordenadas de cada punto.

Cuadro N°3.4: Coordenadas de BM del Proyecto

COORDENADAS TOPOGRAFICAS DE LOS BM				
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	CODIGO
2	7635622.488	318858.198	2047.215	BM1
3	7635470.212	318907.677	2052.678	BM0
206	7636110.807	319545.974	2074.934	BM2
207	7636085.914	319559.333	2075.498	BM3
384	7636631.070	320834.927	2097.887	BM4
385	7636655.909	320851.916	2098.514	BM5
589	7637233.322	321419.436	2114.824	BM6
590	7637252.060	321424.827	2109.393	BM7
767	7638344.427	321681.492	2138.755	BM8
768	7638348.158	321683.726	2138.649	BM9
956	7639140.140	321865.428	2164.927	BM10
957	7639140.094	321841.373	2163.402	BM11
1171	7640053.046	321772.048	2177.588	BM12
1179	7640035.527	321793.914	2186.059	BM13
1415	7640836.668	321505.742	2193.215	BM14
1416	7640840.896	321493.914	2194.869	BM15

5.2.2 Levantamiento del Eje de Vía

Se hizo el levantamiento taquimétrico del eje de la vía, sacando transversales a las mismas hasta un ancho de aproximadamente 20 metros, tomando todos los relieves importantes del terreno hasta llegar a la distancia citada, realizando el levantamiento a detalle del mismo solamente en los puntos críticos de cada uno de los tramos determinados previamente con los técnicos en topografías.

En este levantamiento se obtuvo el detalle de cruces de quebradas y otra información de importancia para la representación gráfica del terreno.

5.3 Trabajo de Gabinete

5.3.1 Procesamiento de la información Topográfica

Toda la información obtenida del levantamiento topográfico fue introducida en un programa especializado: Surface Modeling como componente integrado de Eagle Point, que es una herramienta avanzada, que nos ayuda mucho simplificando el tiempo de trabajo.

Las coordenadas de los puntos fueron transformadas en un Triangulated Irregular Network (TIN) que permitió configurar un entorno espacial para el diseño geométrico del camino en planta y perfil. Sobre la base del TIN se dibujó las respectivas curvas de nivel debidamente referenciadas y acotadas, además de incluir toda la información que se consideró necesaria para la descripción detallada del terreno y del camino.

Partiendo de la categoría de camino y la normativa correspondiente se tomaron parámetro de diseño para el trazado geométrico y algunas tablas que se verán más adelante.

Dentro del trabajo de gabinete se realizaron los siguientes planos:

- Plano en Planta
- Plano de Perfil Longitudinal
- Plano de Sección Transversal
- Plano de Curva Masa
- Plano de Detalles

5.4 Curvas de Nivel

Es la representación del terreno, con todas las formas y accidentes, tanto en su posición en un plano horizontal como en elevación, se logra simultáneamente las curvas de nivel.

A diferencia de la poligonación cuya representación sólo nos muestra las características en planta y la nivelación cuya representación nos muestra los puntos en elevación, las curvas de nivel nos darán simultáneamente la ubicación de cualquier punto con su dirección, distancia y elevación.

Para la conformación de planos de curvas de nivel se toma como metodología básica de Taquimetría, a partir ya sea de una poligonal cerrada, abierta, o si requiere mayor precisión se usan las redes de triangulación.

Las curvas se utilizan para representar en planta y elevación al mismo tiempo la forma o configuración del terreno que también se llama relieve.

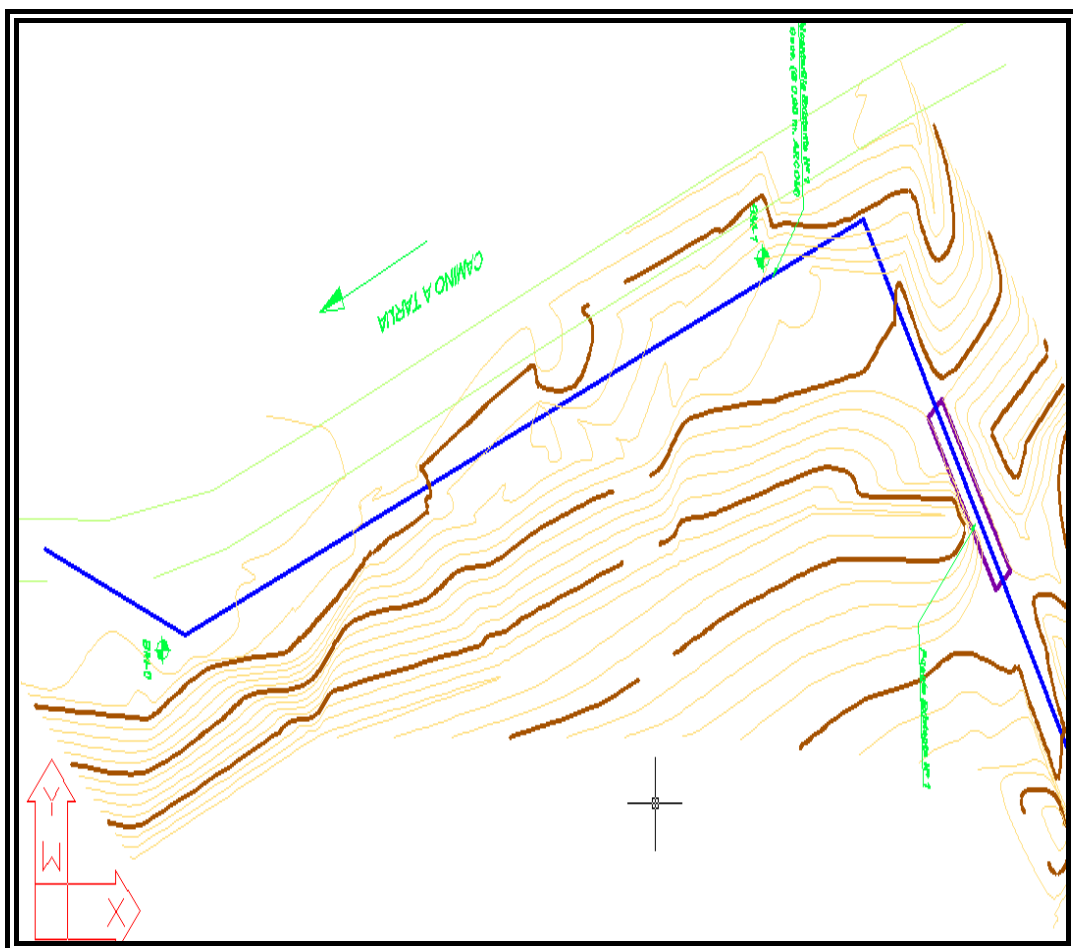
Porque sea más objetiva la representación del relieve, el espaciamiento de las curvas debe ser constante. Dependiendo del objeto del trabajo, se generaron las curvas cada metro.

5.4.1 Características de las curvas de nivel

- No puede una curva dividirse o ramificarse.

- Toda curva se cierra sobre sí misma, ya sea dentro de la zona considerada, o fuera de ella.
- No se puede fundir dos o más en una sola. Si en caso se ven juntas, la realidad es que están supuestas, una sobre otra pero cada cual en su nivel.
- Si en algún lugar se cruzan, indicará una cueva o un saliente en volado.
- En una zona de pendiente uniforme quedarán las curvas equidistantes.
- Si las curvas están muy separadas será porque hay pendiente suave y cuando están muy cercanas la pendiente es fuerte.

Figura N° 3.11: Curvas de Nivel



5.5 Parámetros de Diseño

Los criterios geométricos, así como otros criterios de diseño, dependen mucho del tipo de camino y del tránsito proyectado al que éste dará servicio; generalmente, éste se basa en el pronóstico de volumen de tránsito en 20 años, a partir de la fecha en que termina la construcción. Los parámetros de diseño fijados en los términos de referencia son básicamente adoptados son los siguientes:

Cuadro N°3.5: Parámetro de Diseño

DESCRIPCION	MINIMO	MAXIMO
Ancho de plataforma	7.00 m	10.00 m
Radio de curvatura	12.00 m	-
Pendiente de la vía	-	12 %
Gradiente transversal	3 %	5 %
Talud de corte H/V	1 : 5	1 : 2
Talud de relleno H/V	1 : 1	3 : 1
Espesor capa de ripio	-	5.00 Cm
Carga (AASHTO)	H - 15	H - 20

5.5.1 Capacidad de Diseño

En el estudio para el análisis del cálculo de la cantidad de vehículos/día, se considero el valor adoptado por la norma menor a 50 vehículos/día.

El valor adoptado también responde a una observación realizada, sobre el tráfico de vehículos circulante del camino que conduce a un tramo del Cantón Carachimayo y a las comunidades de El Rosal, León Cancha, Criva, Pantipampa, Quirusillas, Camarón, Jarca Cancha y Caraparí.

El valor del TPD es adoptado siguiendo una encuesta a las familias que viven cerca del camino actual, brindando información que estima que estima un tráfico bajo volumen de vehículos, pero cabe mencionar si bien el tráfico es

bajo no llegando a los 50 vehículos/día, el tipo de vehículo que circula es el vehículo pesado.

El vehículo pesado que pocas veces circula por el camino tiene su recorrido de Tarija a Carachimayo llevando productos agrícolas y otros, también la circulación de Microbús que hace su recorrido Tarija-Carachimayo 5 veces por día.

En el estudio del diseño se considerará un vehículo definido por la Norma AASTHO.

5.5.2 Velocidad de Diseño

La velocidad es uno de los factores esenciales en cualquier forma de transporte, puesto que de ella depende el tiempo que se gasta en la operación de traslado de personas o cosas de un sitio a otro. Es un factor determinante del proyecto y de ella depende las especificaciones geométricas.

El concepto de velocidad de proyecto permite definir las características mínimas del trazado de un tramo en las mismas condiciones que la velocidad específica define al de uno de los elementos que lo componen. La velocidad de proyecto se identifica con la mínima velocidad específica de los elementos que forman el tramo, es decir, representa la oferta mínima del tramo en materia de velocidades.

Cuanto mayor sea la velocidad de proyecto de un tramo de carretera, mayor serán las dimensiones de sus elementos y menores sus curvaturas e inclinaciones; por tanto, a poco accidentado que sea el relieve del terreno en el que se inserte el trazado, mayor será el coste de las explanaciones y obras singulares (viaductos, túneles) necesarias.

Por consiguiente, donde las circunstancias dejen de ser favorables el coste de la construcción puede obligar a limitar la velocidad de proyecto para acoplar

el trazado a un relieve acentuado, sobre todo en zonas aisladas. Pero no se debe olvidar que, si bien los conductores aceptan fácilmente limitar su velocidad en los terrenos cuyo relieve sea evidentemente difícil, donde no lo sea suelen adoptar una velocidad excesiva para la velocidad disponible y las maniobras necesarias.

De acuerdo a la categoría y sabiendo la característica de la topográfica de la zona de estudio del camino, se adoptara la velocidad directriz o de diseño igual a 40 Km/h, este a de definir los demás parámetros con los que se trabajara y que se verán a continuación.

5.5.2 Ancho de Plataforma

Para la plataforma se adopta un ancho de 10 m. dadas las características del camino y en función a la visibilidad, se efectuarán ensanches de la plataforma hasta un ancho máximo de 10 m en una longitud mínima de 10 m para disponer de sitios de cruce de vehículos; así mismo, se recurrirá al ancho mínimo donde se necesite disminuir el volumen de corte, se eliminará la cuneta en tramos de corte excesivo y fuerte pendiente transversal del terreno natural, sectores rocosos y/o de distribución de aguas donde todavía no se alcanza un gran caudal de escurrimiento.

5.5.3 Radios de Curvatura

Los radios de curvatura están interrelacionados con la velocidad de diseño y las fuerzas de fricción del camino. En el caso concreto de caminos vecinales, el mínimo radio de los parámetros de referencia ($R = 12$ m) permite mantener una velocidad de aproximadamente 12.5 km/h, según análisis de las normas geométricas para el diseño de caminos de la AASHTO.

De acuerdo con el criterio de la norma, mientras menor sea el radio de curvatura, el peralte tiene que ser máximo, para el diseño se tomo el valor

máximo de peralte recomendado por la norma igual al 10% para calcular el radio mínimo de curvatura.

El Radio mínimo calculado para el proyecto es de:

$R_{min.} = 45$ metros.

5.5.4 Trazado Definitivo

El trazado definitivo se estableció siguiendo el trazo antiguo, los puntos obligados y procurando en lo posible seguir el alineamiento actual en la mayoría de los tramos.

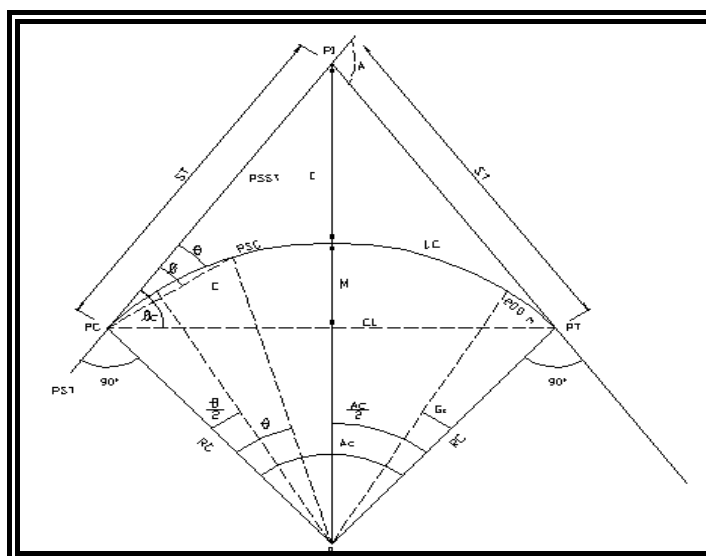
Todo el diseño fue realizado con la ayuda de un programa para diseño de carreteras, como se menciona anteriormente donde se calcularon los parámetros en base a norma, el presente diseño consta de 34 PI's o puntos de inflexión ubicado en las progresivas correspondientes como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N°3.6: Ubicación de los Puntos de Inflexión dentro del Tramo de Estudio

PUNTOS DE INFLEXION			
Estación PI's	Progresivas	Estación PI's	Progresivas
PC	0+000	18	4+471.02
1	0+037.18	19	4+627.05
2	0+215.00	20	4+994.74
3	0+380.92	21	5+185.62
4	0+563.90	22	5+313.28
5	0+744.28	23	5+436.42
6	0+979.04	24	5+800.84
7	1+785.97	25	6+062.80
8	2+457.48	26	6+155.91
9	2+643.47	27	6+289.69
10	2+898.66	28	6+379.44
11	3+082.12	29	6+497.30
12	3+182.18	30	6+577.88
13	3+349.71	31	6+616.90
14	3+595.27	32	6+793.11
15	3+748.50	33	7+145.85
16	3+929.60	34	7+378.54
17	4+199.59	FC	7+433.52

Cuadro N°3.7: Curvas Horizontales Simples y de Transición del Proyecto

Curva	Radio (m)	Progresiva	Código	Tipo de Curva	Curva	Radio (m)	Progresiva	Código	Tipo de Curva
1	60	0+015,918	PC	Circular	18	60	4+423.865	TS	Transición
		0+056,792	PT				4+514.166	ST	
2	45	0+179,721	PC	Circular	19	100	4+589.653	TS	Transición
		0+239,563	PT				4+663.052	ST	
3	250	0+370,544	PC	Circular	20	120	4+979.941	PC	Circular
		0+391,279	PT				5+009.576	PT	
4	80	0+543,669	PC	Circular	21	250	5+146.655	PC	Circular
		0+583,301	PT				5+224.147	PT	
5	100	0+705,425	TS	Transición	22	70	5+289.160	PC	Circular
		0+782,108	ST				5+335.795	PT	
6	150	0+968,821	PC	Circular	23	150	5+378.444	TS	Transición
		0+989,222	PT				5+491.707	ST	
7	400	0+763,136	PC	Circular	24	200	5+778.955	PC	Circular
		1+808.752	PT				5+823.043	PT	
8	150	2+413.334	TS	Transición	25	70	6+017.307	PC	Circular
		2+480.445	ST				6+098.340	PT	
9	150	2+626.992	PC	Circular	26	50	6+129.549	PC	Circular
		2+659.827	PT				6+178.463	PT	
10	150	2+865.531	TS	Transición	27	100	6+271.632	PC	Circular
		2+931.397	ST				6+307.848	PT	
11	50	3+063.571	PC	Circular	28	60	6+354.872	TS	Transición
		3+099.100	PT				6+403.815	ST	
12	50	3+169.011	PC	Circular	29	60	6+486.836	PC	Circular
		3+194.757	PT				6+508.035	PT	
13	80	3+309.946	TS	Transición	30	45	6+563.234	PC	Circular
		3+387.755	ST				6+592.009	PT	
14	200	3+562.072	PC	Circular	31	45	6+603.564	PC	Circular
		3+627.861	PT				6+629.956	PT	
15	80	3+704.195	TS	Transición	32	150	6+764.137	TS	Transición
		3+790.108	ST				6+822.337	ST	
16	100	3+897.356	TS	Transición	33	100	7+069.420	TS	Transición
		3+961.071	ST				7+206.886	ST	
17	100	4+174.870	PC	Circular	34	45	7+316.395	TS	Transición
		4+223.340	PT				0+426,905	ST	

Figura N°3.13: Elementos de una Curva Horizontal Simple

5.5.5 Trazado Altimétrico

El trazado altimétrico se trato de adecuar a la topografía actual, y la rasante del camino anterior dado que en el camino vecinal no se justifica grandes movimientos de tierra debido al costo del mismo, y otro factor que corroboro a mantener la rasante del camino es que las pendientes se encontraban dentro de lo permisible que indica en la norma. En el proyecto se diseñaron 37 PVI ubicado en las progresivas correspondiente como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N°3.8: Ubicación de los Puntos PVI del Proyecto

PVI	Estación	PVI	Estación	PVI	Estación
Inicio	0+000	13	3+354.508	26	5+940
1	0+040	14	3+580	27	6+110
2	0+222	15	3+820	28	6+220
3	0+282	16	4+020	29	6+430
4	0+620	17	4+140	30	6+527.312
5	0+930	18	4+488.058	31	6+566.312
6	1+060	19	4+720	32	6+685.868
7	2+455	20	4+890	33	6+838
8	2+735	21	5+076.436	34	6+990
9	2+830	22	5+160	35	7+044.838
10	2+930	23	5+290	36	7+089.485
11	3+220	24	5+520	37	7+184.914
12	3+316.773	25	5+744.420	Final	7+433.767

Se vieron que las pendientes no sobrepasen el 10% que en este caso no se encontró, como también se controló que ninguna pendiente llegara al mínimo de 0.4%, sobre todo donde la sección sea de corte, porque es la pendiente mínima que debe tener toda carretera con el fin de que las precipitaciones pluviales escurran superficialmente por la cuneta.

5.5.5.1 Pendiente Longitudinal

Dentro del tramo de estudio no existen problemas en cuanto a las pendientes longitudinales, cuyos valores están dentro del rango permisible por la norma. Como se menciona la topografía de la zona es una topografía montañosa, solo existe en un tramo una pendiente máxima del 8% que está dentro del rango permisible, y en un tramo plano se dio una pendiente mínima de 0.414% para que escurra las aguas de las precipitaciones durante la época de lluvias.

También se determinó estas pendientes en función de un estudio que no se produzca bastante corte o relleno, y que este equilibrado aunque es preferible que exista corte que relleno en este tipo de camino.

Cuadro N°3.9: Pendientes Longitudinales del Proyecto

PVI	Estación	Pendiente	Obser.	PVI	Estación	Pendiente	Obser.
Inicio	0+000	-0.500		19	4+720	2.299	
1	0+040	-4.560		20	4+890	-3.551	
2	0+222	0.000	Puente	21	5+076.436	7.086	
3	0+282	4.512		22	5+160	3.165	
4	0+620	2.177		23	5+290	3.860	
5	0+930	7.077		24	5+520	-2.685	
6	1+060	1.606		25	5+744.420	5.828	
7	2+455	0.414		26	5+940	-3.647	
8	2+735	-4.168		27	6+110	7.352	
9	2+830	8.000		28	6+220	0.796	
10	2+930	2.828		29	6+430	-3.104	
11	3+220	-1.860		30	6+527.312	0.000	Puente
12	3+316.773	0.000	Puente	31	6+566.312	5.201	
13	3+354.508	5.383		32	6+685.868	-2.069	
14	3+580	1.525		33	6+838	3.192	
15	3+820	3.427		34	6+990	-3.294	
16	4+020	6.575		35	7+044.838	0.000	Puente
17	4+140	-0.857		36	7+089.485	7.699	
18	4+488.058	7.184		37	7+184.914	2.219	

5.5.5.2 Curvas Verticales

En el proyecto se diseñaron 37 curvas verticales en todo el tramo, de los cuales son 18 convexa y 19 cóncava.

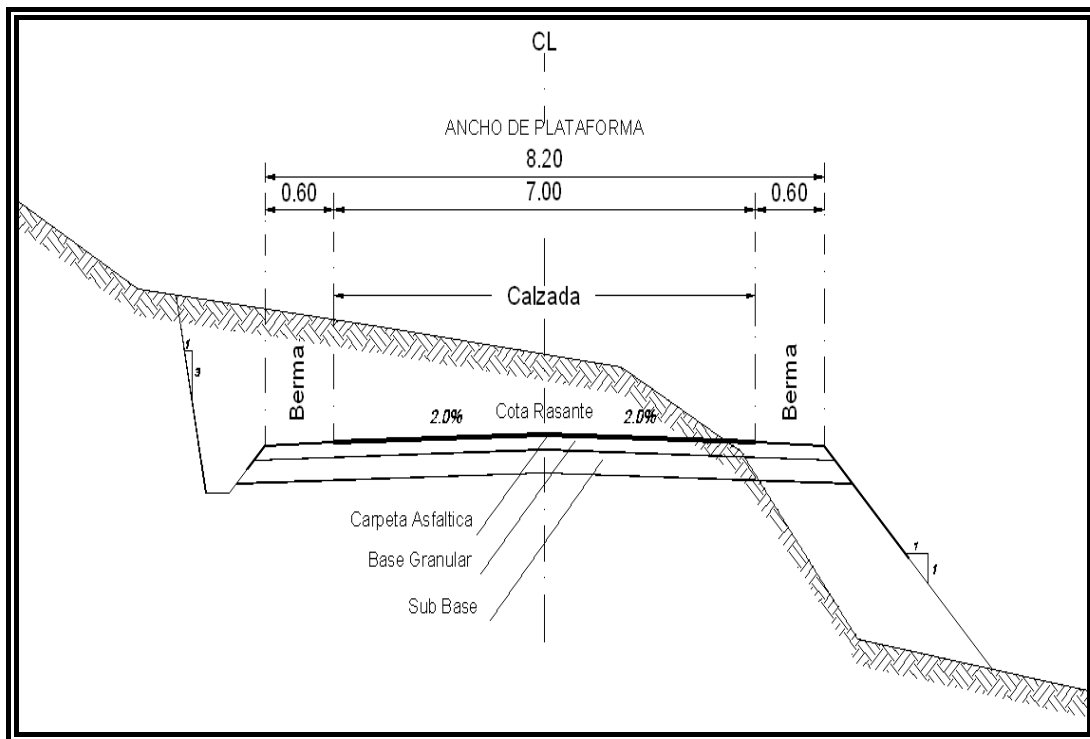
Cuadro N°3.10: Curvas Verticales del Proyecto

PVI	Estación	Elevación	Valor de K	Referencia
Inicio	0+000	2052.500	-----	-----
1	0+040	2052.300	4.926	Convexa
2	0+222	2044.000	6.578	Cóncava
3	0+282	2044.000	6.649	Cóncava
4	0+620	2059.250	12.851	Convexa
5	0+930	2066.000	6.123	Cóncava
6	1+060	2075.201	3.655	Convexa
7	2+455	2097.600	25.179	Convexa
8	2+735	2098.760	4.364	Convexa
9	2+830	2094.800	5.753	Cóncava
10	2+930	2102.800	3.867	Convexa
11	3+220	2111.000	6.400	Convexa
12	3+316.773	2109.200	16.129	Cóncava
13	3+354.508	2109.200	5.573	Cóncava
14	3+580	2121.339	7.776	Convexa
15	3+820	2125.000	15.777	Cóncava
16	4+020	2131.854	9.528	Cóncava
17	4+140	2139.744	4.036	Convexa
18	4+488.058	2136.762	6.218	Cóncava
19	4+720	2153.425	6.141	Convexa
20	4+890	2157.333	5.128	Convexa
21	5+076.436	2150.712	5.641	Cóncava
22	5+160	2156.633	7.652	Convexa
23	5+290	2160.748	43.191	Cóncava
24	5+520	2169.626	4.584	Convexa
25	5+744.420	2163.601	5.873	Cóncava
26	5+940	2175.000	3.166	Convexa
27	6+110	2168.800	5.455	Cóncava
28	6+220	2176.887	3.051	Convexa
29	6+430	2178.559	5.128	Convexa
30	6+527.312	2175.538	9.665	Cóncava
31	6+566.312	2175.538	5.768	Cóncava
32	6+685.868	2181.757	4.126	Convexa
33	6+838	2178.608	5.703	Cóncava
34	6+990	2183.460	3.084	Convexa
35	7+044.838	2181.653	6.071	Cóncava
36	7+089.485	2181.653	5.196	Cóncava
37	7+184.914	2189.000	3.650	Convexa
Final	7+433.767	2192.521	-----	-----

5.5.6 Sección Transversal

La sección transversal son las que corresponde a la sección terminada después del movimiento de tierra que debe tener la carretera, esta sección se trazan el plano, en forma perpendicular a cada estaca del plano definitivo, tomándose distancias de 5,10,15 metros a ambos lados del eje.

Figura N°3.14: Características de la Sección Transversal



En el proyecto las secciones transversales se obtuvieron cada 20 metros en tramos rectos y cada 10 metros en curvas, también en los puntos singulares tales como PC, FC, etc.

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

- ❖ Calzada
- ❖ Bermas

- ❖ Talud de Corte y Relleno
- ❖ Cunetas y Contra Cunetas
- ❖ Pendiente Transversal

5.5.6.1 Calzada

La mayoría de las carreteras en nuestro departamento, las calzadas están definidas por dos carriles uno para cada sentido, el ancho de carril debe establecerse en función a las normas de diseño existentes, las condiciones económicas y a las condiciones de servicio que se le quiere dar a la carretera.

De acuerdo a la norma AASTHO establece 3.35; 3.05; 2.75 m.

Para el proyecto se ha utilizado un ancho de carril de 3.5 metros.

5.5.6.2 Berma

Las bermas o alargamientos cuyo espacio están definidas entre el borde de la calzada y el borde del talud es un espacio para el uso de establecimientos de vehículos que circulan por la carretera con el propósito de que no se vean afectada la capacidad de la misma, para el presente proyecto el ancho de berma es de 0.6 metros.

5.5.6.3 Taludes de Corte y Relleno

5.5.6.3.1 El talud de corte que se adopta (H/V):

- ✓ 1/4 : 1 Ígnea, granito basalto
- ✓ 3/4 : 1 Sedimentaria, arenisca y caliza masiva, roca arcillosa y roca limosa masiva
- ✓ 1/2 : 1 Metamórficas, esquisto, mármol, pizarra

5.5.6.3.2 El talud de relleno que se adopta (H/V):

- ✓ 1.5:1 Roca madre dura y angular, gravas y arenas de buena graduación y gravas uniformes
- ✓ 1.8 : 1 Grava
- ✓ 1.7 : 1 Arenas limosas, arenas arcillosas
- ✓ 2.0 : 1 Limos, arenas muy finas, arcilla de baja plasticidad
- ✓ 3.0: 1 Limos micáceos, arcillas muy plásticas.

En el diseño de la vía se cuidó fundamentalmente dos aspectos:

Que la plataforma se encuentre preferentemente en corte y que la pendiente longitudinal no sobrepase el límite superior.

El eje del camino, en planta y perfil, se adecuó al terreno en forma muy estricta y a las características actuales del camino y de esta manera no aumentar los volúmenes de movimiento de tierra.

El levantamiento topográfico de la franja del terreno es de 20 metros de ancho como mínimo a cada extremo del eje de la vía; se realizó sobre un alineamiento previo ajustado a las condiciones antes anotadas y el diseño geométrico se realizó en campo con la colocación de estacas en puntos característicos: principio de curva PC, punto de intersección PI, fin de curva FC, etcétera.

Se dispone de planos de Planta, Perfil y planos de Secciones Transversales del camino, así como planos de detalles constructivos.

Cada sección del camino muestra el ancho de la plataforma y los taludes, tanto de corte como de relleno, así como la cuneta. En general, el diseño del camino fue ejecutado con criterio técnico y de máxima economía.

5.5.6.4 Pendiente Transversal

En la conformación de la selección transversal es necesario definir una pendiente transversal tanto para la calzada como las bermas; está en función al tipo de rodamiento que va a tener la calzada.

Cuadro N°3.11: Bombeo de la Calzada

Tipo de Superficie	Pendiente Transversal	
	I < 15mm/h	I > 15mm/h
Pavimento de Hormigón o Asfalto	2.0	2.5
Tratamiento Superficial	3	3.5
Tierra, Grava Chancada	3.0 – 3.5	3.5 – 4.0

El objetivo de la pendiente es permitir el encausamiento de las aguas superficiales que caen a la calzada hacia las cunetas laterales.

En el caso de las bermas pueden presentarse dos situaciones de mantener la pendiente de la calzada, siempre y cuando la berma esté revestida, si por el contrario no está revestida se recomienda que se aumente la pendiente de 0.50 a 1.00 más que la pendiente de la calzada.

5.5.6.5 Cunetas Contra Cunetas

Tanto las cunetas y la contra cunetas son elementos de drenaje que también forman parte de las secciones transversales cuyas dimensiones geométricas dependen de dos aspectos:

Aspecto hidrológico hidráulico: que nos permitirá el diseño de una sección hidráulicamente necesaria para absorber el caudal de precipitación que pueden presentarse en los tiempos de concentración más críticos.

Aspecto constructivo: que permita por facilidad constructiva tener una sección que sin afectar las condiciones hidráulicas puedan facilitar el rendimiento constructivo.

5.5.7 Movimiento de Tierra

Para determinar el movimiento de tierras que ha originado el diseño geométrico de la zona de estudio, y definida la sección transversal en las diferentes estaciones a lo largo del eje del trazo, tomando todos los aspectos que intervienen en la definición de una sección transversal además de los otros emergentes del propio diseño como ser Peralte o Sobre-ancho en curvatura; se procedió con el cálculo de volumen de excavación., donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Volumen Corte = 49713.32 m³

Volumen Relleno = 6964.55 m³

6 GEOTECNIA

6.1 Introducción

La investigación geotécnica para la determinación de los diferentes materiales que constituyen los suelos, tanto de la sub-rasante natural como de los yacimientos, se realizó de manera tal, que puedan obtenerse los mínimos requerimientos de información técnica. Para este cometido se prestó especial atención a la caracterización, distribución, y clasificación de suelos no solamente en superficie, sino también, en profundidad.

6.2 Estudio de Suelos en la Subrasante

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

La Sub-rasante, se define como la parte de la corteza terrestre, que le va a servir de soporte a la estructura del pavimento; puede ser sub-rasante natural (en el caso de los cortes), o constituirse en el sitio (artificial, para los terraplenes).

Lo que se pretende realizar en este tramo es la obtención de muestras dependiendo de tipo de estrato que se encuentres ya que este proyecto se limita al estudio de las rocas o de mantos rocosos si no que interesa los extractos o depósitos que están compuestos las Sub-rasante, las muestras que se obtengan serán lo más representativas del material existente en el tramo.

6.2.1 Metodología Empleada para el Estudio de Suelos

La metodología adoptada en este estudio y que culmina con la elaboración del presente informe final, fue convencionalmente dividida en las siguientes etapas:

- Trabajo de Campo.
- Trabajo de Laboratorio.
- Trabajo de Gabinete.

6.2.1.1 Trabajo de Campo

Esta fase de trabajo consistió en la apertura o excavación manual de 6 pozos exploratorios o calicatas. Estas calicatas fueron ubicadas guardando una equidistancia de Mil metros, y tienen como finalidad no solamente conocer la distribución con detenimiento de los diferentes materiales determinados en cada punto de sondeo, sino también establecer las condiciones de humedad, consistencia y compacidad de los suelos investigados y el conocimiento de la disposición estructural de la sub-rasante estudiada.

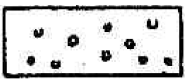
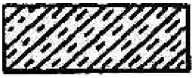
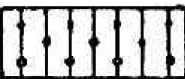
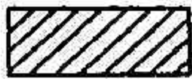
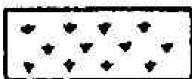
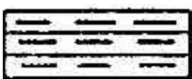
Figura N°3.15: Muestra Extraída del área del Proyecto Calicata N°3



6.2.1.2 Descripción de los Suelos

Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo a metodología para construcción de vías, las mismas que deben corresponder al siguiente cuadro:

Cuadro N°3.12: Signos Convencionales para Perfil de Calicatas

SUELOS			
A - 1 - a		A - 5	
A - 1 - b		A - 6	
A - 2 - 4		A - 7 - 5	
A - 2 - 5		A - 7 - 6	
A - 2 - 6		MATERIA ORGÁNICA	
A - 2 - 7		ROCA SANA	
A - 3		ROCA DESINTEGRADA	
A - 4			

6.2.1.3 Trabajo de Laboratorio

Este trabajo está orientado a conocer la distribución granulométrica de las partículas sólidas que constituyen los suelos investigados, proporcionando un nivel de referencia que, conjuntamente con los otros trabajos de laboratorio, permitieron conocer las características, las propiedades físicas y mecánicas de la sub-rasante, además de las características físico químicas de los materiales pertenecientes a los yacimientos.

Figura N° 3.16: laboratorio de suelos y hormigón



La relación de ensayos de laboratorio es la siguiente:

- ✓ Humedad Natural.
- ✓ Granulometría.
- ✓ Límites de Atterberg:
 - Límite líquido
 - Límite plástico
 - Índice de Plasticidad
- ✓ Clasificación AASHTO.
- ✓ Compactación AASTHO T-180:
 - Densidad máxima
 - Humedad óptima
- ✓ CBR (California Bearing Ratio).

6.2.1.3.1 Humedad Natural

Las humedades naturales de las muestras obtenidas en campo son suelos de la Subrasante del proyecto y tienen los siguientes porcentajes de humedad:

Muestra N°1 $\Longrightarrow$ 7.15 %

Muestra N°2 $\Longrightarrow$ 6.62 %

Muestra N°3 $\Longrightarrow$ 9.52 %

6.2.1.3.2 Granulometría

La determinación de la distribución granulométrica de las partículas de suelos se efectuó mediante vía del tamizado del método AASHTO.

El ensayo granulométrico muestra que los suelos de Subrasante son variables con predominancia de suelos granulares, limoso y arcillosos.

6.2.1.3.3 Limite de Atterberg

Después de haber realizado los ensayos de granulometría se efectuaron los límites de consistencia de las muestras obtenidas del tramo en estudio.

Muestra N°1 $\Longrightarrow$ LL= 26.36 LP= 21.27 IP= 5.09

Muestra N°2 $\Longrightarrow$ LL= 27.25 LP= 19.73 IP= 7.52

Muestra N°3 $\Longrightarrow$ LL= 37.02 LP= 22.48 IP= 14.54

6.2.1.3.4 Clasificación AASTHO

En el mismo se puede observar que los suelos predominantes de la Subrasante natural son granulares y finos, la siguiente clasificación es:

Muestra N°1 $\Longrightarrow$ Suelo A-2-4

Muestra N°2 $\Longrightarrow$ Suelo A-4

Muestra N°3 $\Longrightarrow$ Suelo A-4

6.2.1.3.5 Compactación AASTHO T-180

En correspondencia con su tipología las densidades máximas de los suelos de Subrasante son:

Muestra N°1 $\Longrightarrow$ Suelo A-2-4

- Densidad Máxima = 2.174
- Humedad Optima = 7.30

Muestra N°2 $\Longrightarrow$ Suelo A-4

- Densidad Máxima = 2.12
- Humedad Optima = 8.40

Muestra N°3 $\Longrightarrow$ Suelo A-4

- Densidad Máxima = 1.987
- Humedad Optima = 11.00

6.2.1.3.6 CBR (California Bearing Ratio)

Denominamos CBR de servicio a la capacidad soporte del suelo de la Subrasante a la densidad de campo (densidad de servicio). Los valores obtenidos son:

Para suelos A-2-4: 11.0% a 25.8 %

Para suelos A-4: 12.0% a 18.5 %

Para suelos A-6: 11.8% a 19.0 %

6.2.1.4 Trabajo de Gabinete

En base a la información obtenida durante los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio, se efectúa la clasificación de suelos utilizando el sistema AASTHO.

Cuadro N°3.13: Tabla de Clasificación de Suelos Método AASTHO

Clasificación General	Materiales granulares 35% o menos que pasan el N°200 = 0,08 mm							Suelos finos más del 35% que pasan el N° 200 = 0,08mm			
Clasificación por grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4				A-7-5 A-7-6
Tamizado, por ciento que pasa N° 10 = 2 mm N° 40 = 0.5 mm N° 200 = 0.08 mm	Máx. 50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Máx. 30	Máx. 30	Máx. 50	--	--	--	--	--	--	--	--
	Máx. 15	Máx. 25	Máx. 10	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 36	Máx. 36	Máx. 36	Máx. 36
Características de la fracción que pasa la N° 40 Limite Liquido Indice Plástico	--	--	--	40 Máx.	41 Máx.	40 Máx.	41 Máx.	40 Máx.	41 Máx.	40 Máx.	41 Máx.
	Máx. 6	Máx. 6	NP	10 Máx.	10 Máx.	11 Máx.	11 Máx.	10 Máx.	10 Máx.	11 Máx.	11 Máx.*
Tipos comunes de materiales con componentes importantes	Piedra, Grava y Arena		Arena Fina	Grava y Arena Limosa y Arcillosa				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Calificación general para Subrasante	Excelente a Bueno					Regular a Deficiente					

* El limite plástico del sub grupo A-7-5 es igual o menor que LL menos 30. El índice plástico del sub grupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

6.2.1.4.1 Descripción de los Suelos Identificados

Los suelos identificados y que constituyen el perfil natural de la sub-rasante son resumidos en cuatro grandes grupos que presentan combinaciones variables en proporción, textura y propiedades plásticas, permitiendo a su vez distinguir subgrupos menores, los cuatro principales grupos se describen a continuación:

a) Suelos Granulares (Gravas y arenas)

A-2-4 Gravas y arenas limosas y arcillosas

b) Suelos Finos (Limos y arcillas)

A-4, A-6 Limos inorgánicos

6.2.1.4.1.1 Suelos Granulares

Estos suelos de naturaleza granular, representan el 33.3 % de las muestras analizadas, y están representadas por:

Gravas y Arenas Limo Arcillosas (A-2-4): Estos suelos representan 33.3 % del material encontrado en el área del proyecto. Están constituidos por una mezcla de arenas y gravas en una matriz limosa y/o arcillosa de baja plasticidad, cuya proporción y gradación son variables.

La influencia de las partículas de limo sobre los suelos gravosos y arenosos, referentes al comportamiento esfuerzo- deformación es de suma importancia, de manera especial si estos suelos son expuestos a saturaciones.

La infiltración de aguas en estos suelos, sumada a un flujo de naturaleza turbulenta, eventualmente determina el lavado y arrastre de las partículas de limo, lo que origina una reorganización de sus componentes granulares que muchas veces se traducen en fenómenos de erosión y asentamientos, cuyas magnitudes son generalmente impredecibles y difíciles de cuantificar.

Estos asentamientos modifican a su vez el sistema de esfuerzos internos de los materiales, iniciando un proceso gradual de deformación, llegando inclusive a colapsar el suelo.

Por otra parte, es muy acentuado el efecto que producen las partículas de limo, reacomodándose entre los intersticios de los materiales arenosos y los materiales de granos más grandes representados por gravas y fragmentos de roca, llegando a disminuir la permeabilidad propia y característica de estos suelos, haciéndolos más sensibles a la acción de cargas de tipo no drenado, es decir, a cargas rápidas que no permiten la disipación de excesos de presión de poros inducidos por los mismos.

Estos suelos cuando están saturados sufren cambios de volumen debido a las variaciones térmicas producidas por el efecto cíclico de las heladas.

Para el uso como material de sub-rasante estos materiales son calificados desde excelentes a buenos.

6.2.1.4.1.2 Suelos Finos

Estos materiales de granulometría variable están representados por limos y arcillas, constituyen el 66,66 % de los suelos analizados en laboratorio, y las características más importantes se resumen a continuación.

Limos Inorgánicos de Plasticidad Variable (A-4); (A-6): Estos suelos localizados a lo largo de la actual carretera están representados por una mezcla de limos inorgánicos con arenas muy finas, generalmente de baja plasticidad.

Por su naturaleza granulométrica y su baja plasticidad, estos suelos son muy sensibles a las cargas rápidas, es decir a las cargas de tipo no drenado, especialmente cuando están saturados.

Por otra parte, son muy conocidos los efectos de saturación extrema, produciendo la licuefacción, la que puede ser inducida mediante sollicitaciones de tipo dinámico.

Estos suelos en general son muy sensibles a la acción de aguas con flujo turbulento, lo que origina un arrastre de las partículas, dando inicio a los procesos erosivos, cuyo resultado es la formación de cárcavas, canales, huecos y tubos. Por este motivo debe evitarse en lo posible el contacto de estos suelos con las aguas, tanto superficiales como subterráneas.

Como se dijo anteriormente, estos suelos al estar saturados son sensibles a las cargas rápidas, por lo tanto, es recomendable realizar análisis de estabilidad de fundaciones, según dos criterios de fallas.

- Bajo un régimen de fatigas totales, para una falla de tipo no drenado; esto significa considerar el ángulo de fricción (ϕ) igual a cero, y la cohesión del suelo (c) igual a la resistencia del corte no drenado
- Bajo un régimen de fatigas efectivas, lo cual significa para una falla a largo plazo o falla de tipo drenado, considerando que el ángulo de fricción, sea mayor a cero y la cohesión (c) de las arcillas, menor que el valor de la resistencia al corte no drenado.

Por otro lado este tipo de suelo es susceptible a la erosión eólica cuando no está protegido o confinado por otro material, y como material para el uso de sub-rasante es calificada como regular a pobre.

Para la construcción de estructuras importantes en estos suelos, es recomendable realizar ensayos de consolidación, con la finalidad de determinar puntualmente en el terreno, los parámetros de deformación que constituyen la principal causa de eventuales asentamientos.

6.2.1.4.1.3 Índice de Grupo

El índice de grupo no es propiamente una especificación más para la clasificación de suelos si no que es un índice de su calidad como material en el camino o carretera y su comportamiento.

Aquellos suelos que tienen un comportamiento similar se hallan dentro de un mismo grupo y están representados por un determinado índice los suelos granulares están

compuestos generalmente entre 0 y 4, los correspondientes suelos limosos, entre 8 y 12 los suelos arcillosos, entre 11 y 20 o más.

$$GI = (F-35) * [0.2 + 0.005 * (LL-40)] + 0.01 * (F-15) * (PI-10)$$

Donde:

: Porcentaje que pasa Tamiz N° 200

: Límite Líquido

: Índice plasticidad

6.2.2 Categoría de la Subrasante para Diseño

La capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocará encima.

La Subrasante del correspondiente tramo de estudio se clasifica en función al CBR de diseño, que se obtuvo en laboratorio por lo que se clasifica como Subrasante Buen; ya que se encuentra en el rango del 11% al 19%.

Cuadro N°3.14: Clasificación de Subrasante para Diseño en Función al CBR

CLASIFICACION	CBR _{diseño}
S0 : Subrasante muy pobre	< 3%
S1 : Subrasante pobre	3% - 5%
S2 : Subrasante regular	6 - 10%
S3 : Subrasante buena	11 - 19%
S4 : Subrasante muy buena	> 20%

6.3 Estudio de los Yacimientos

Los trabajos realizados para la determinación y caracterización de los distintos yacimientos, tienen como motivo fundamental determinar aquellos materiales naturales que cumplan con las especificaciones técnicas, para una explotación racional y su posterior utilización en la construcción del paquete

estructural del pavimento (sub-rasante, capa sub base y capa base) y como agregados para las obras de arte.

Por otra parte, durante la prospección geotécnica se consideró la ubicación de los yacimientos, tratando en lo posible de determinar aquellos bancos de préstamo que se encuentren más próximos al eje del camino actual, con el propósito de minimizar los costos de movimientos de tierra y transporte.

Esta prospección de los yacimientos puede sintetizarse en los siguientes aspectos:

- Determinación y cuantificación de las fuentes de préstamo para los materiales de mejoramiento de la sub-rasante, sub base, capa base y los respectivos agregados para la capa de rodadura de la carretera, en base a un análisis de la calidad y cantidad de los suelos.

A efectos de cumplir con las especificaciones técnicas, se determinaron los diferentes yacimientos que serán explotados mediante sistemas convencionales, y de los materiales de dimensiones mayores se obtendrán agregados mediante la trituración y la clasificación de los mismos, para su respectiva utilización.

- Determinación de las características indicativas de los materiales finos, referidas principalmente a los límites líquido, plástico y sus características geotécnicas (densidad, CBR).

6.3.1 Yacimientos

Los diferentes bancos de materiales a utilizarse como frentes de explotación para la obtención de materiales destinados a cubrir las necesidades en la

construcción de las capas base y sub-base, como también para los agregados del pavimento, generalmente se encuentran a distancias relativamente cercanas y dentro del área de influencia del proyecto; por otra parte tanto la calidad como la cantidad de los mismos es variable.

Figura N°3.17: Chancado del Material de Yacimiento



6.3.1.1 Metodología Empleada para el Estudio de Yacimientos

La metodología de prospección adoptada para la determinación de los diferentes yacimientos, se resumen en tres etapas:

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

El trabajo de campo consistió en la lectura de perfiles exploratorios para cada yacimiento, obtenidos por lectura directa de cortes naturales, artificiales y de calicatas o pozos exploratorios

Usualmente estos perfiles, conjuntamente con la geometría del yacimiento, permiten obtener las dimensiones del mismo, las cuales posteriormente permiten la determinación de volúmenes explotables.

Las muestras obtenidas fueron analizadas con el apoyo del laboratorio especializado de mecánica de suelos y la relación de ensayos es la siguiente:

- ✓ Determinación de humedad natural.
- ✓ Distribución granulométrica de los materiales constitutivos del suelo, mediante la vía del tamizado.
- ✓ Establecimiento de los límites de consistencia o los límites de Atterberg:
 - Límite líquido.
 - Límite plástico.
 - Índice de plasticidad.
- ✓ Clasificación de los suelos, adoptando el sistema internacional AASHTO.
- ✓ Determinación del grado de compactación mediante el ensayo Proctor T 180, para conocer las relaciones de:
 - Densidad máxima.
 - Humedad óptima.
- ✓ Determinación de la capacidad de soporte (California Bearing Ratio) CBR.
- ✓ Ensayo de Desgaste de los Ángeles.

- ✓ Resistencia a los sulfatos.
- ✓ Equivalente de arena.
- ✓ % de caras fracturadas.
- ✓ Carbón y Lignito.
- ✓ Terrones de arcilla.
- ✓ Reactividad potencial.
- ✓ Laminaridad.
- ✓ Fragmentos blandos.

6.4 Bancos de Materiales

Durante la fase exploratoria se identificó un (1) yacimientos a lo largo de la variante, con la finalidad de que toda la ruta pueda acceder a estos materiales, reduciendo en lo posible las distancias de transporte.

El material proveniente de las fuentes de préstamo en general debe presentar características uniformes, las especificaciones de calidad para los materiales de la capa base y de la capa sub base, fueron extraídas del "STANDARD SPECIFICATIONS FOR CONSTRUCTION OF ROADS AND BRIDGES ON FEDERAL HIGHWAY", las mismas que fueron establecidas por la "AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS" (AASHTO).

Cabe recalcar que las muestras obtenidas del yacimiento fue clasificado como A1-a, es decir gravas las cuales presentan características apropiadas para ser utilizadas como material de construcción de las diferentes capas del paquete estructuras así como de los hormigones.

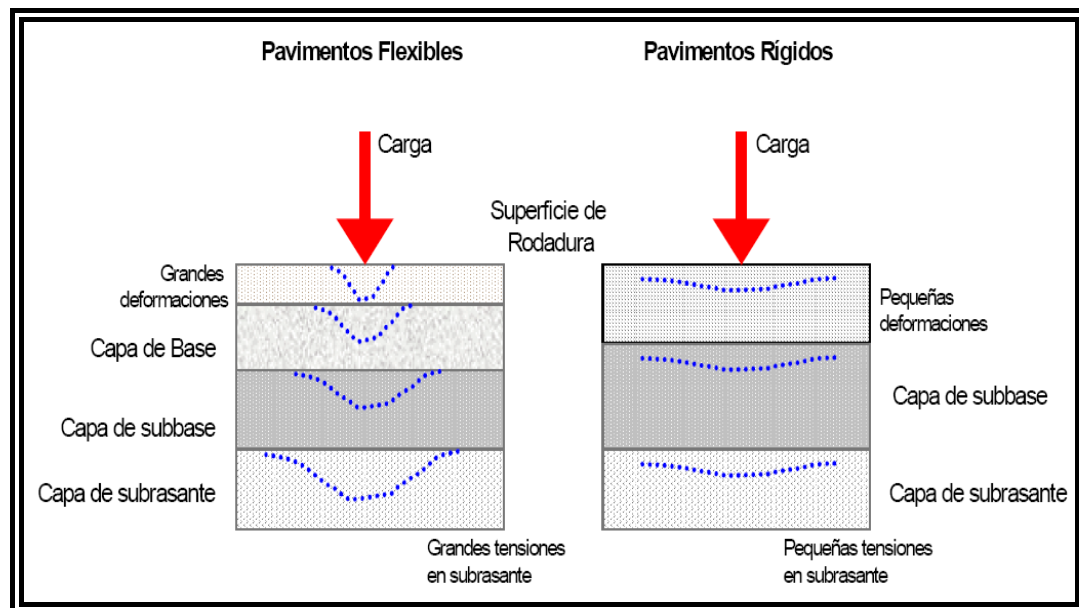
7 DISEÑO DE PAVIMENTOS

7.1 Antecedentes

El diseño de pavimentos se efectúa según las recomendaciones de la "Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos" AASHTO-93" y el suplemento "AASHTO-97", para lo cual se estudiaron los aspectos relacionados con el tráfico solicitante de la carretera, los resultados de los materiales encontrados en el camino y los bancos de meterías investigados, el análisis de los estudios y los cálculos permiten determinar el paquete Estructural que habrá que aplicar sobre la sub-rasante existente.

Los pavimentos se dividen en Flexibles y Rígidos:

Figura N°3.18: Esquema del Comportamiento de pavimentos Flexibles y Rígidos



7.1.1 Pavimentos Flexibles

Son aquellos que tiene una base flexible o semi-rígida, sobre la cual se ha construido una Capa de Rodamiento formado por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto.

7.1.2 Pavimentos Rígidos

Son aquellos en los cuales la capa de rodamiento está formada por concreto de cemento Portland, con o sin armadura metálica.

7.2 Terminología

En la actualidad no existe una terminología única para la designación de las diferentes partes que constituyen un Pavimento.

Se utilizará la siguiente terminología:

7.2.1 Pavimento

Toda la estructura que descansa sobre el terreno de fundación y que se halla formada por las diferentes capas (sub-base, base, capa de rodamiento).

7.2.2 Terreno de Fundación

Aquel que sirve de fundación al pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierras y que, una vez compactado, tiene las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

7.2.3 Sub-Rasante

Correspondiente al terreno de fundación ubicado a lo largo del alineamiento horizontal del pavimento, y sirve como estructura del pavimento. También puede estar hecha de una capa de materiales adecuados de préstamo.

7.2.4 Sub-Base

Es la capa granular localizada entre la sub-rasante y la base en pavimento flexible o rígido y ocasionalmente, sobre todo en pavimentos rígidos, se puede prescindir de ella.

7.2.5 Base

Capa sobre sub-base o sub-rasante destinada a sustentar la estructura del pavimento. Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. Regularmente esta capa además de la compactación, necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

7.2.6 Capa de Rodadura

La que se coloca encima de la base y ésta formada por una mezcla bituminosa o de concreto.

7.2.7 Capa de Desgaste o sello

La que se coloca sobre la capa de rodamiento y ésta formada por una mezcla bituminosa. Encima de esta carpeta se coloca, a veces, un riego de arena o piedra triturada menuda.

7.2.8 Superficie Rasante

La que soporta el tránsito de los vehículos motorizados.

7.3 Tipo de Capa de Rodadura

Los tipos de mezclas bituminosas generalmente empleados para las capas de rodamiento en los pavimentos flexibles, son los siguientes:

7.3.1 Tratamientos Superficiales

Son de una o varias capas, con o sin carpeta de sello, los asfaltos y alquitranes que se emplean, son los llamados líquidos o diluidos (Cut-backs) del tipo de

rápido cura (RC y RT). El espesor de estas capas es de 2.5 cm. (1”), aproximadamente. Este tipo se emplea, comúnmente, para tránsito ligero.

7.3.2 Macadam de Penetración

Son sucesivas capas de material pétreo y asfalto regado a presión. Los asfaltos que se emplean son aquellos cuya penetración está comprendida entre 85 y 15, los alquitranes usados son los del tipo más viscoso. El espesor de estas varía entre 6 y 15 cm. (2.5” y 6”).

7.3.3 Mezcla en Planta

Son tipo denso a Abierto en Frío o en Caliente; para láminas asfálticas, concretos bituminosos; pueden usarse algunos asfaltos líquidos, pero preferentemente se emplean cementos asfálticos cuya penetración ésta comprendida entre 85 y 200. El espesor generalmente, mayor a 5 cm. (2”).

Las capas formadas por las mezclas bituminosas, no deben tener espesores menores de 2.5 cm. (1”). Se recomienda 12.5 cm. (5”) como espesor mínimo.

7.4 Función y Característica de las diferentes capas de Pavimento Flexible

7.4.1 Terreno de Fundación

De su capacidad de soporte depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento.

El terreno de fundación puede tener las siguientes características:

- a) Si Terreno de fundación es **Pésimo**, debe desecharse el material que lo compone, siempre que sea posible, y sustituirse este por un suelo de mejor calidad.

- b) Si Terreno de fundación es **Malo**, habrá que colocar una sub-base de material seleccionado antes de poner la base.
- c) Si Terreno de fundación es **Regular o Bueno**, podría prescindirse de la sub-base.
- d) Si es **Excelente**, podría prescindirse de la sub-base y base.

7.4.2 Exigencia de Calidad para Capa Sub-base

Todos los materiales considerados aptos para la capa base, podrán utilizarse para la capa sub base, en este sentido las exigencias técnicas son menores debido a la protección que brinda la capa base y se resumen en:

Los valores de CBR. de laboratorio con un valor mínimo del 60%, con la compactación al 100 % de la densidad máxima del ensayo AASHTO T-180.

Figura N°3.19: Conformación de la Capa Sub-base



Los requisitos de gradación son: El agregado grueso, retenido en el tamiz #10, estará formado por partículas o fragmentos de roca; la fracción fina que pase el tamiz #10 deberá estar constituida por arena natural, o arena obtenida por trituración, la fracción que pase el tamiz #200, será no mayor de los 2/3 de la fracción que pase el tamiz #40.

Los requisitos de plasticidad son:

- Límite líquido $< 25\%$.
- Índice plástico $> 6\%$.

7.4.3 Exigencia de Calidad para Capa Base

La capa base debe ser de piedra triturada.

El CBR de laboratorio con un valor del 100% a la compactación del 100% de la densidad máxima del ensayo AASHTO T-180 D.

Figura N°3.20: Conformación de la Capa Base



Los requisitos de gradación para agregados de capa base, principalmente son resumidos en:

- Los porcentajes en peso del material que pasa por tamices con malla cuadrada, deben ser no menos del 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz #4. Deberán tener por lo

menos una cara fracturada

- El porcentaje que pasa por la malla #200 no debe ser mayor a los 2/3 de la fracción que pasa por el tamiz malla #40.

Los requisitos de plasticidad para los agregados de la capa base son:

- Límite líquido < 25%
- Índice plástico < 6%

Los requisitos para el ensayo de abrasión Los Ángeles serán menores a 50%.

El equivalente de arena deberá ser mayor a 35%.

Los materiales de capa base pueden obtenerse mediante un proceso de selección y trituración, corrigiendo cuando sea necesario, las deficiencias de granulometría y de plasticidad.

7.4.4 Capa de Rodadura

Su función primordial es proteger a la base impermeabilizando la superficie.

Además evita que se desintegre o desgaste la base a causa del intenso tráfico vehicular.

Así mismo la capa de rodadura contribuye en cierto modo a aumentar la capacidad de soporte de un pavimento especialmente si su espesor es considerable.

Cuadro N°3.21: Conformación de la Capa de Rodadura



7.4.4.1 Exigencias de Calidad para los Agregados del Pavimento

El porcentaje de abrasión los Ángeles deberá ser menor al 40%. La pérdida por inmersión al sulfato de sodio (durabilidad) deberá ser menor al 12%.

Todos los yacimientos están ubicados muy próximos a la obra, y pueden obtenerse por un proceso de trituración o por simple clasificación corrigiendo cuando sea necesario sus deficiencias, tanto en granulometría como en plasticidad.

7.5 Metodologías de Diseño de Pavimentos

Se tienen las siguientes metodologías para el diseño de pavimentos que son:

- Metodologías Clásicas
- Metodologías Actuales
- Nuevas Tendencias

7.5.1 Metodologías Clásicas

7.5.1.1 Método del CBR

Fue propuesto por los ingenieros Staton y partes del Departamento de Carreteras de Estado de California en 1929 desde entonces tanto en Europa como en otros países es utilizado con gran frecuencia, en este método se establece la relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte.

Para diferentes valores de CBR y por carga por eje o por rueda se han determinado los respectivos valores de los espesores de pavimento. De la cual nos proporciona el espesor de las distintas capas de pavimento con un determinado CBR.

Para diferentes valores de CBR y cargas por rueda, o por eje, se han determinado los respectivos espesores de pavimentos, en base a datos experimentales. Los diferentes organismos viales y técnicos, han elaborado curvas para facilitar éste cálculo, y en la actualidad se conoce un sinnúmero de gráficos para la determinación de espesores de pavimento, en función del CBR.

En la construcción de un pavimento flexible, se recomienda que el material para sub-base tenga un CBR mayor al 15%. La materia para base debe tener un CBR mayor a 40% cuando las cargas por rueda son menores de 10000 libras (4540 Kg.)

Figura N°3.22: Gráfica de Diseño para determinar los Espesores

7.5.1.2 Método del Índice de Grupo

Una vez determinados los ensayos de consistencia de los suelos (LL, LP, IP) se determina el índice de grupo (IG), fundamentalmente del terreno de fundación por lo tanto se deben calcular los espesores de las capas sub-base, base, capa de rodadura; la solución se obtiene ingresando a la Cuadro N°3.15

Además debemos tener en cuenta que estos gráficos han sido elaborados para las siguientes condiciones:

- 1) Para terrenos de fundación debidamente compactados a la humedad óptima y densidad máxima no menor al 95% de la densidad máxima obtenida por el método Standar T-99.
- 2) Para sub-bases compactadas a no menos del 100% de su densidad máxima.

Se supone así mismo que los sistemas de drenaje subterráneo y superficial son buenos y que el nivel freático se encuentra a una profundidad no perjudicial para estabilidad del terreno de fundación.

Ecuación para determinar el Índice de Grupo

$$IG = 0.2 * a + 0.005 * a * c + 0.01 * b * d$$

Donde:

$$a = \% \text{ Pasa } N^{\circ}200 - 35$$

$$b = \% \text{ Pasa } N^{\circ}200 - 15$$

$$c = LL - 40$$

$$d = IP - 10$$

Cuadro N°3.15: Cálculo de Espesores

Indice de Grupo	Tráfico Liviano	Tráfico Mediano	Tráfico Pesado
TPD	< 50	50 < 300	> 300
Excelente (0 - 1)	Base + Rodadura 15	Base + Rodadura 22	Base + Rodadura 30
Bueno (1 - 2)	Base + Rodadura 15 Sub-base 5	Base + Rodadura 22 Sub-base 5	Base + Rodadura 30 Sub-base 5
Regular (2 - 4)	Base + Rodadura 15 Sub-base 10	Base + Rodadura 22 Sub-base 10	Base + Rodadura 30 Sub-base 10
Malo (4 - 9)	Base + Rodadura 15 Sub-base 20	Base + Rodadura 22 Sub-base 20	Base + Rodadura 30 Sub-base 10
Pésimo (> 9)	Base + Rodadura 15 Sub-base 30	Base + Rodadura 22 Sub-base 30	Base + Rodadura 30 Sub-base 30

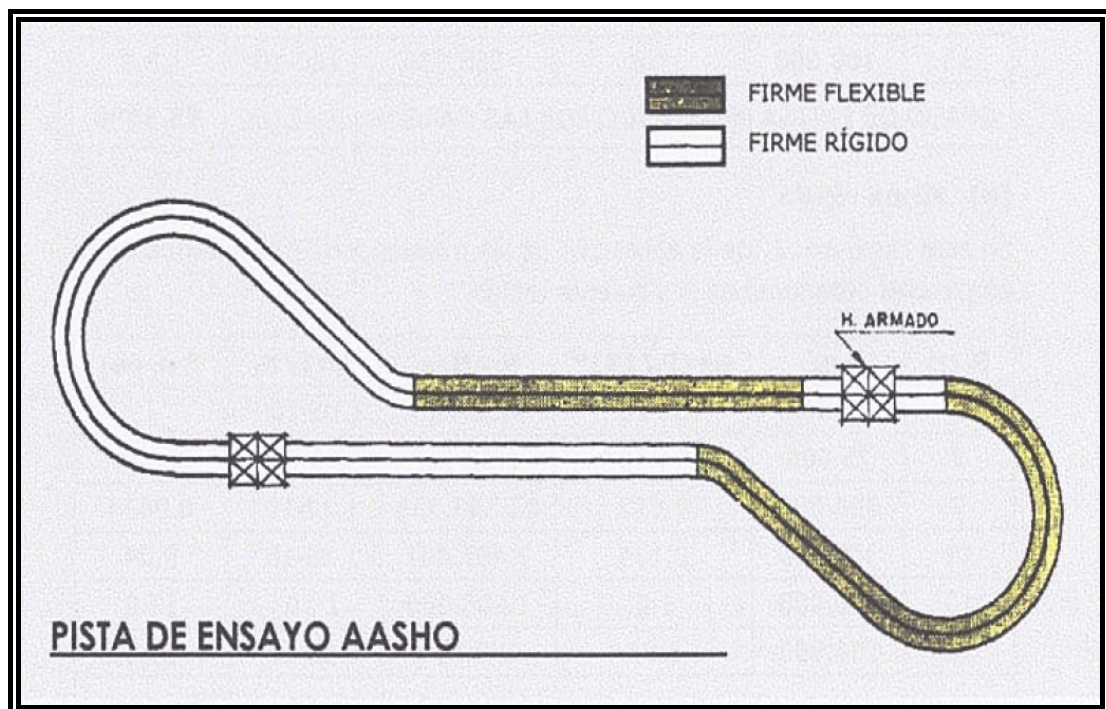
7.5.2 Metodologías Actuales

7.5.2.1 Método de la AASTHO

Road Test de la AASTHO fue el último de los grandes ensayos de road test realizados en EEUU. Fue hecho entre 1958 y 1960 cerca de Ottawa, Illinois. Se eligió esta zona por poseer características de suelos uniformes y típicos de gran parte de EEUU. Por otro lado el clima es el típico del Norte de EEUU.

Este ensayo introdujo el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos. La serviciabilidad es una medida de la capacidad del pavimento para brindar una superficie lisa y suave al usuario. Este parámetro varía entre 0 (pavimento intransitable) a 5 (pavimento perfecto). Para cada sección de pavimento se estudio el índice de serviciabilidad presente o actual, PSI (present serviceability index) y se grafico en función del tiempo para pavimento flexible y rígido. En base a datos de este tipo se dedujeron las ecuaciones de diseño.

Figura N°3.23: Pista de Ensayo Empleada por la AASTHO



Los datos de la Roat Test daban relaciones empíricas entre el espesor del concreto asfáltico, magnitud de cargas, tipo de ejes, número de aplicaciones de cargas y pérdida de serviciabilidad para un pavimento en las condiciones del Roat Test. La ecuación que servía de diseño era:

$$\log W = \log \rho + \frac{G}{\beta}$$

Siendo:

W= Número de aplicaciones de carga para llegar a la serviciabilidad final

G= Una función, el logaritmo, de la relación de pérdida de serviciabilidad en el tiempo t a la pérdida potencial a una serviciabilidad 1.5

β = Una función de diseño variables de cargas que tienen influencia en la forma de la curva p-W (p=serviciabilidad)

ρ = Una función de diseño y variable de carga que denotan el número esperado de aplicaciones de carga para llegar a una serviciabilidad 1.5

$$\beta = 0.40 + \frac{0.081 * (L_1 + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} * L_2^{3.23}}$$

Siendo:

SN= Número estructural

L_1 = Carga en un eje simple o en eje tándem

L_2 = Código de ejes (1 para eje simple, 2 para eje tándem)

Se hicieron versiones provisionarias de la guía AASTHO que fueron publicadas en 1972 y 1981, aunque en 1981 no hubo cambios en este rubro con respecto a 1972.

La ecuación de la guía AASTHO 72 era:

$$\log W_{18} = 9.36 * \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{G_t}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + \frac{1}{F_R} + 0.372 * (Si - 3.0)$$

Siendo:

$$G_t = \log \frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5}$$

F_R = Factor regional

Si = Valor soporte de la Subrasante (f(CBR))

En el año 1986 se presentaron muchas innovaciones. Aparece el concepto de confiabilidad que permite al proyectista diseñar un pavimento con un nivel apropiado de riesgo. El factor de confiabilidad de diseño F_R permite tomar en cuenta variaciones tanto en la predicción del tránsito con el comportamiento del pavimento.

Se introdujo el módulo resiliente remplaza al CBR como dato de entrada. Esto permite una mejor definición de las propiedades resistentes de los materiales. Puede aplicarse también a materiales estabilizados.

Las condiciones de drenaje están tenidas en cuentas con los coeficientes de drenaje m_i . Estos son funciones de calidad del drenaje y del porcentaje de tiempo que la estructura estará sometida a niveles de humedad próximos a la saturación. Este coeficiente se aplica a las capas no estabilizadas.

También se prevé el efecto de hinchamiento por Subrasantes expansivos y el efecto de hinchamiento por congelación.

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural SN” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural SN requerido, se tiene tres opciones:

- Solución a partir de la Ecuación General
- Solución Gráfica
- Solución mediante Software

a) Solución a partir de la Ecuación General

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

Donde:

W_{18} = Numero de aplicaciones de cargas de 80 kN

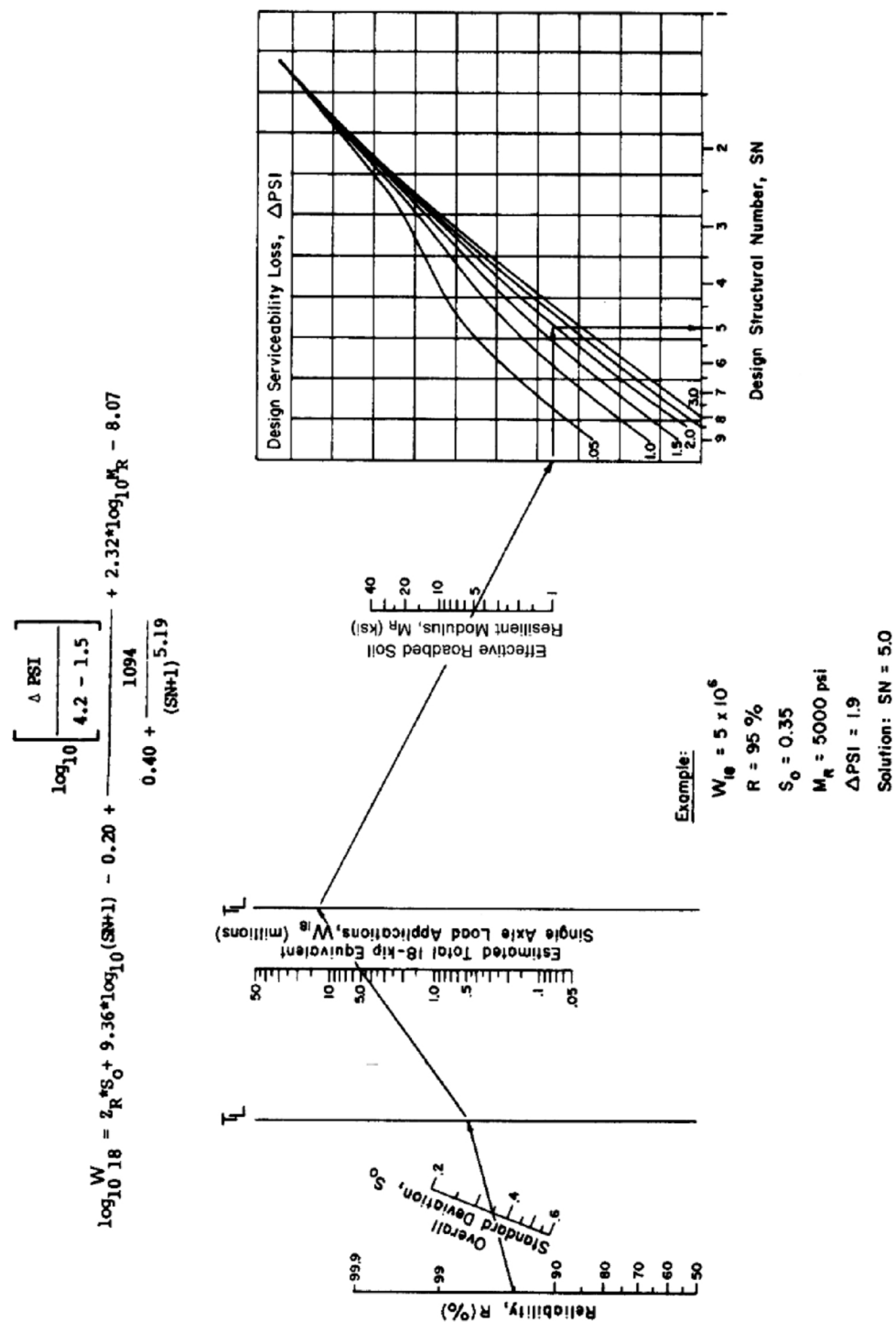
Z_R = Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada

S_O = Desvío standard de las variables

ΔPSI = Perdida de serviciabilidad prevista en el diseño

b) Solución Grafica

Figura N°3.24: Monograma de Diseño para Pavimento Flexible



c) Solución mediante Software

El programa DARWin 3.01, nos permite determinar el Número Estructural (SN) en unidades inglesas o métricas.

El programa contiene un algoritmo que determina el espesor óptimo de cada capa basado principalmente en la capacidad estructural de los materiales. Determina el número estructural en base al criterio de espesor mínimo de cada capa.

7.5.2.1.1 Variables de Entrada

7.5.2.1.1.1 Variables de Tiempo

Es importante hacer notar que la metodología original de AASTHO usualmente considera periodos de 20 años; en la versión actual de 1993, recomienda los siguientes periodos de diseño en función del tipo de carreteras:

Cuadro N°3.16: Periodo de Diseño en Función del Tipo de Carreteras

TIPO DE CAMINO	PERIODO DE ANALISIS
Gran Volumen de Tránsito Urbano	30 – 50 años
Gran Volumen de Tránsito Rural	20 – 50 años
Bajo Volumen de Pavimentado	15 – 25 años

7.5.2.1.1.2 Determinación del Tráfico de Diseño e Índice de Crecimiento

Para determinar el tráfico actual a lo largo del tramo se han realizado aforos ubicando para ello una estación en la Comunidad de Carachimayo. Este procedimiento se llevó a cabo por un lapso de 10 días durante las 24 horas de cada día, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla siguiente.

Cuadro N°3.17: Aforo Volumétrico del Transito Actual

DIAS	TOTAL
1	26
2	21
3	24
4	27
5	23
6	26
7	25
8	23
9	22
10	29
PROMEDIO	25

Si bien los aforos de tráfico permiten conocer el TPD, para los estudios de transporte se debe determinar el tráfico representativo anual, lo que se conoce con el nombre de Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA); para lo que se debe tomar en cuenta las variaciones del flujo vehicular a lo largo del año; esto se obtiene afectando el TPD con el factor estacional mensual (FEM) correspondiente al mes en que se realizó la encuesta.

Para la determinación del tráfico de diseño se debe considerar que el crecimiento de las actividades de la región, imputables al proyecto afectará los valores, entonces corresponde determinar la forma y magnitud en que estos serán afectados mediante la elaboración de “proyecciones”.

Una proyección es una estimación de un cambio futuro, estas se realizan sobre la base de suposiciones de permanencia de tendencias y factores no controlables como son los siguientes:

- El crecimiento histórico del TPDA.

- El crecimiento de la población.
- El crecimiento del consumo de los combustibles
- El crecimiento del parque automotor.
- El producto interno bruto.

El estudio hace un análisis de cada uno de estos factores explicando su crecimiento y su relación con el crecimiento de los volúmenes de tráfico.

El producto interno bruto PIB tiene estrecha relación con los volúmenes de tráfico porque está relacionado con la producción y se refleja en el transporte de carga que se traduce en número de camiones.

El crecimiento de la población, también está íntimamente ligado con el crecimiento de los volúmenes de tráfico por lo que este parámetro interviene para la proyección del Tráfico normal.

Las tasas de crecimiento promedio utilizadas para la proyección del tráfico se presentan a continuación en la Tabla siguiente.

Cuadro N°3.18: Tasa de Crecimiento Promedio

FACTORES	LOCAL	NACIONAL
Datos históricos de tráfico	10,23	4,50
Consumo anual de diesel	5,20	6,05
Consumo anual de gasolina	4,10	4,15
Consumo anual de combustibles	3,04	3,29
Parque automotor	7,70	7,79
Número de vehículos - Km - años	8,20	12,12
Producto interno bruto	4,20	4,75
TASA PROMEDIO	6,095	6,093

Basándose en este conjunto de variables económicas se ha encontrada una tasa del 6.095%, que se utilizó para proyectar el TPDA para el horizonte del proyecto, tomando como base el dato de TPDA del año 2008.

Cuadro N° 3.19: Proyección del TPDA - Tránsito Normal

PERIODO	AÑO	TOTAL
0	2008	25
1	2009	27
2	2010	28
3	2011	30
4	2012	32
5	2013	34
6	2014	36
7	2015	38
8	2016	40
9	2017	43
10	2018	45
11	2019	48
12	2020	51
13	2021	54
14	2022	57
15	2023	61
16	2024	64
17	2025	68
18	2026	73
19	2027	77
20	2028	82

Luego de realizar la proyección del tráfico promedio diario anual se procede a calcular los ESALS que equivalen al número acumulado de ejes equivalentes de 80 KN (18 Kips) que el pavimento puede soportar en su periodo inicial de desempeño vale decir, desde su apertura al tráfico hasta su rehabilitación.

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla siguiente.

Cuadro N° 3.20: Determinación del Ejes Equivalentes

Composición de Tráfico Vehicular	1 Livianos	2 Micro buses	3 Bus Mediano	4 Camión Pequeño	5 Camión Mediano	6 Camión Grande	7 Acoplado	TOTAL
Factores Equivalentes Vehiculares		0,0014	0,013	0,58	4,41	2,77	5,54	
Distribución	52,69	5,97	3,12	12,36	8,04	14,78	3,04	100
Total Vehículos		30.740,3	16.065,3	63.643,1	41.398,9	76.104,0	15.653,3	-
Ejes Acumulados		43,04	208,85	36.913,02	182.569,28	210.808,09	86.719,43	517.261,71
ESAL₀								517.261,71

Solamente se aconseja que para fines de diseño en etapas o fases se dibuje una gráfica donde se muestren año con año, el crecimiento de los ejes acumulados (ESAL) vs tiempo. La ecuación siguiente puede ser usada para calcular el parámetro del tránsito W_{18} en el carril de diseño.

$$W_{18} = D_D * D_L * ESAL_0$$

W_{18} =ESAL₀= Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton en el carril de diseño.

D_D = Factor de distribución por dirección; se recomienda 50% para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de que dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

ESAL= Eje equivalente acumulado en ambas direcciones.

D_L = Factor de distribución por carril. Cuando se tenga dos o más carriles por sentido. Se recomienda los siguientes valores.

Cuadro N° 3.21: Factor de Distribución por Carril

NUMERO DE CARRILES EN CADA SENTIDO	D _L
1	1
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

7.5.2.1.1.3 Confiabilidad

Con el parámetro de confiabilidad R, se trata de llegar a cierto grado de certeza el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan, duraran como mínimo el periodo de diseño. Se consideran posibles variaciones en las predicciones del tránsito en ejes acumulados y en el comportamiento de la sección diseñada.

El actual método AASTHO para el diseño de la sección estructural de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50% y hasta 99.9% para el parámetro R de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a obras que estarán sujetas a un uso intensivo, mientras que los niveles más bajos corresponden a obras o caminos locales y secundarios.

Cuadro N° 3.22: Valores de R (Confiabilidad), con Diferentes Clasificaciones Funcionales

TIPO DE CAMINO	CONFIABILIDAD RECOMENDADA	
	Zona Urbana	Zona Rural
Carretera Internacional o Autopista	85 – 99.9	80 – 99.9
Red Principal o Federal	80 - 99	75 - 99
Red Secundaria o Estatal	80 - 95	75 - 95
Red Rural o Local	50 – 80	50 - 80

7.5.2.1.1.4 Desviación Estándar

Este parámetro está ligado directamente con la confiabilidad, habiéndolo determinado, en este paso deberá seleccionarse un valor So Desviación Estándar, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

Cuadro N° 3.23: Valores de la Desviación Estándar

Condiciones de Diseño	Desvió Estándar	
Variación en la Predicción del Comportamiento del Pavimento sin errores en el Tránsito	0.34	Pav. Rígidos
	0.44	Pav. Flexibles
Variación en la Predicción del Comportamiento del Pavimento con errores en el Tránsito	0.39	Pav. Rígidos
	0.49	Pav. Flexibles

7.5.2.1.1.5 Nivel de Serviciabilidad

El cambio o pérdida en la calidad de servicio que la carretera proporciona al usuario se define en el método con la siguiente ecuación:

$$PSI = \text{Índice de Servicio Presente}$$

$$\Delta PSI = p_o - p_t$$

Donde:

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o terminal deseado.

p_o = Índice de servicio inicial (4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para flexibles).

pt = Índice de servicio terminal, para el cual AASHTO maneja en su versión 1993 valores de 3.0, 2.5 y 2.0, recomendando 2.5 ó 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.

Se hace notar que aún en la versión actual, AASHTO no ha modificado la escala del índice de servicio original de 0 a 5 para caminos intransitables hasta carreteras perfectas, respectivamente. Sin embargo, se sugiere que el criterio para definir el índice de servicio terminal o mínimo de rechazo (menor índice tolerado antes de realizar alguna operación de rehabilitación, reencarpetado o reconstrucción) esté en función de la aceptación de los usuarios de la carretera.

Para el caso de diseños de pavimentos en climas muy extremos, en especial los fríos, la guía de diseño del método actual recomienda evaluar adicionalmente la pérdida del índice de servicio original y terminal debida a factores ambientales por congelamiento y deshielo, que producen cambios volumétricos notables en la capa Subrasante y capas superiores de la estructura del pavimento. En tales casos, el diseñador deberá remitirse al método AASHTO 1993.

7.5.2.1.1.6 Drenaje

La humedad tiene una gran influencia sobre los materiales que constituyen el paquete estructural y sobre el comportamiento de los pavimentos en general.

En todo buen diseño de pavimentos debe buscarse que la base, sub-base y Subrasante; estén protegido de la acción del agua. Hay tres formas de considerar el control o la reducción de los problemas causado por el agua:

- a) Sellar correctamente el pavimento y no permitir la entrada del agua a las diferentes capas.
- b) Usar material que sean insensibles a la humedad que no provoquen daños relacionados con la humedad.

Es bien conocida que un buen drenaje aumenta la capacidad portante de la Subrasante (el módulo resiliente aumenta cuando baja el contenido de humedad), mejorando la calidad del camino y permitiendo el uso de capas más delgadas.

En la tabla siguiente se indican los tiempos de drenajes recomendado por la AASTHO. Estas recomendaciones están basadas en el tiempo requerido para drenar la capa base hasta un grado de saturación del 50%. Sin embargo, el criterio del 85% de saturación reduce en forma significativa el tiempo real usado para seleccionar la calidad de drenaje.

Cuadro N° 3.24: Valores de la Desviación Estándar

Calidad de Drenaje	50% de Saturación en:	50% de Saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Más de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	Mucho más de 10 horas

Esta calidad de drenaje se expresa en la formula de dimensionamiento (SN) a través de unos coeficientes de drenaje m_i que afectan que afectan a las capas no ligadas a la siguiente tabla.

Cuadro N° 3.25: Valores de la Desviación Estándar

Calidad de Drenaje	% de Tiempo en que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad Próximos a la Saturación			
	< 1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Buena	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy Pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

7.5.2.1.1.7 Módulo de Resiliencia

En el Método AASTHO (1986 y 1993), tiene la siguiente característica que el módulo Resiliente reemplaza al CBR como variable para caracteriza la Subrasante, Sub-Base y Base.

El módulo de un material es definido como la razón entre un esfuerzo aplicado a la deformación recuperable que tiene lugar después de que el esfuerzo aplicado a sido removido.

En la realidad, dada las características propias de los materiales viales y donde las cargas impuestas por el tráfico tiene un carácter dinámico con muy cortos tiempos de aplicación, solo una parte de la deformación total inducida se recupera al cesar la sollicitación aplicada implicando la no valides del concepto teórico de elasticidad e introduciéndose el de modulo resiliente.

El modulo resiliente M_R , fue seleccionado para definir el valor soporte debido a las siguientes razones:

- Es un buen indicador de las propiedades básicas de los materiales.
- Ha sido internacionalmente usado para caracterizar materiales en pavimentos.
- Puede ser determinado mediante ensayos.

Se tiene la siguientes formulas empíricas para determinar el Modulo Resiliente, se encuentra en función al CBR.

$$M_R = 1500 * CBR \quad CBR < 7\%$$

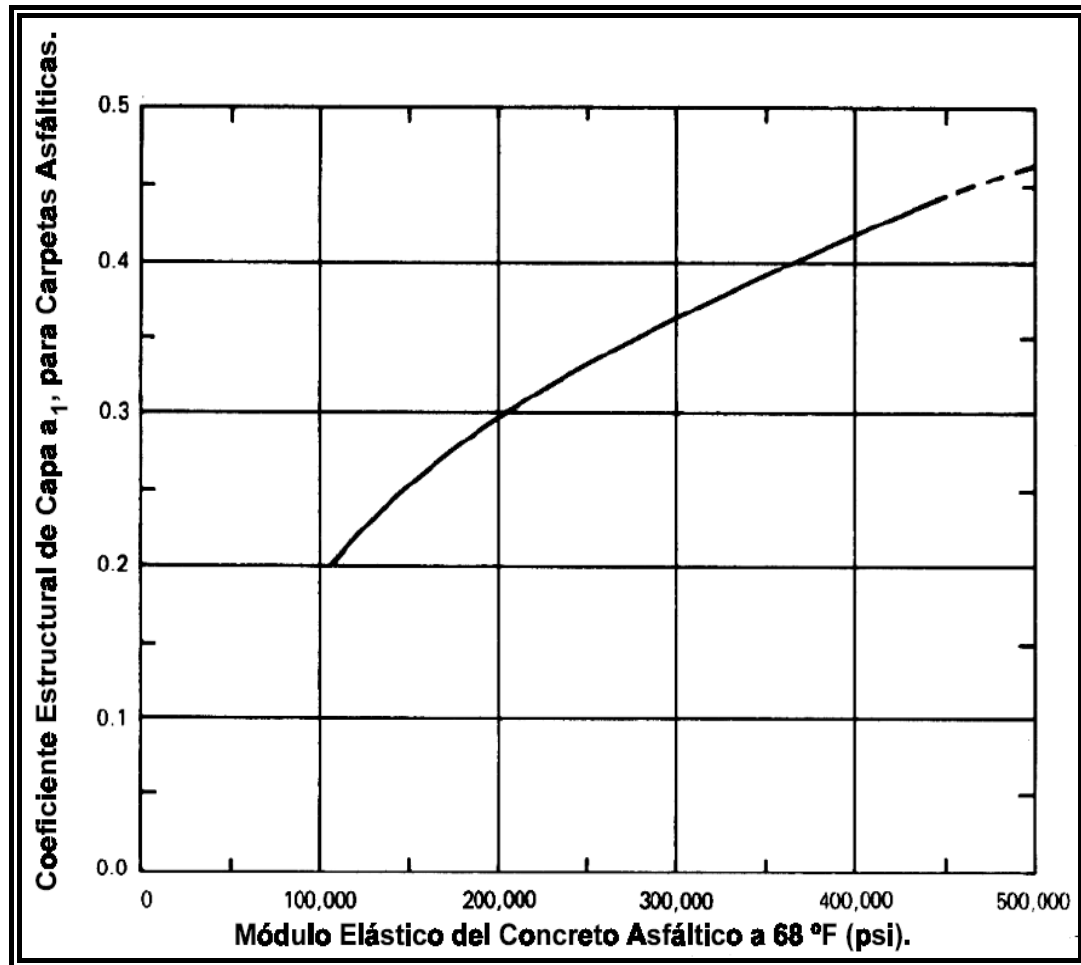
$$M_R = 3000 * CBR^{0.65} \quad 7\% < CBR < 20\%$$

$$M_R = 4326 * \ln(CBR) + 241 \quad \text{Suelos Granulares}$$

7.5.2.1.1.8 Coeficientes Estructurales

a) Coeficiente Estructural Capa Asfáltica (a_1)

Figura N°3.25: Grafica para Determinar el Coeficiente Estructural (a_1)
en Función del Modulo Elástico del Concreto Asfáltico



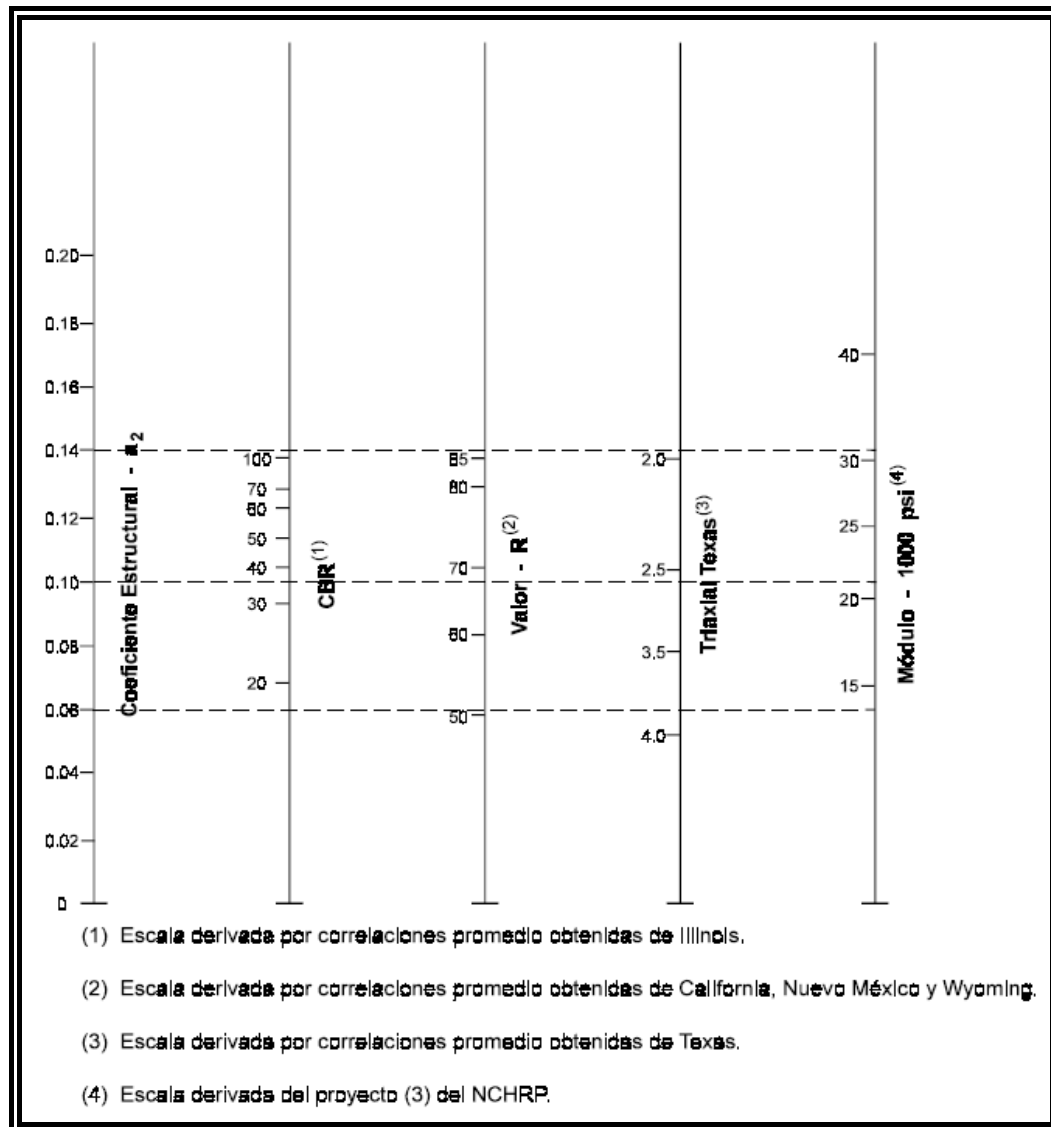
$$a_1 = 0.0052 * E^{0.555}$$

Donde:

E = Modulo Estructural Base Granular del Asfalto

b) Coeficiente Estructural Base Granular (a_2)

Figura N°3.26: Variación de los Coeficientes de Capa “ a_2 ”, en Bases Granulares



$$a_2 = 0.032 * \text{CBR}^{0.32}$$

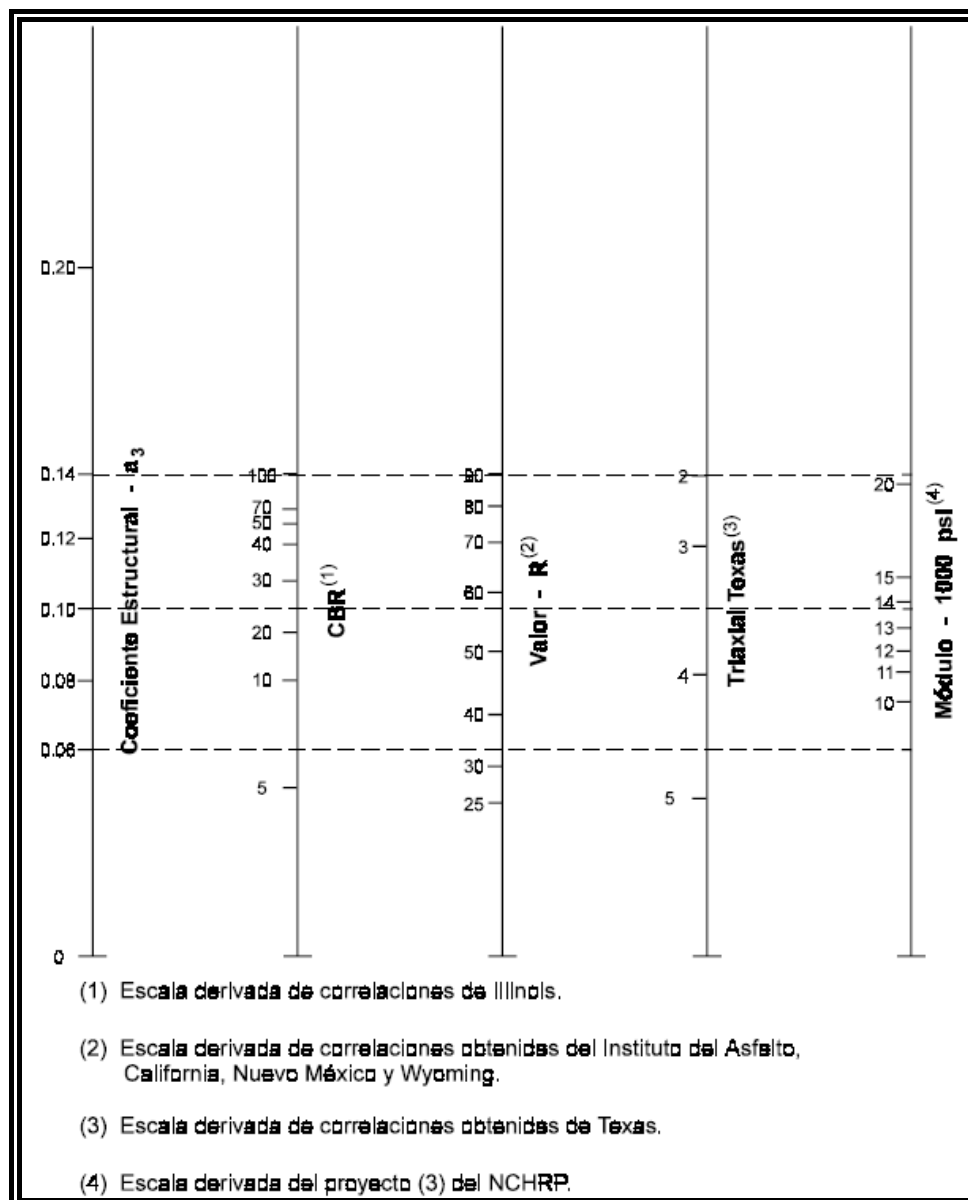
$$a_2 = 0.249 * \log_{10} E - 0.977$$

Donde:

E= Módulo Resiliente Base

c) Coeficiente Estructural Sub-Base Granular (a_3)

Figura N°3.27: Variación de los Coeficientes de Capa “a₃”, en Sub-Bases Granulares



$$a_2 = 0.058 * \text{CBR}^{0.19}$$

$$a_2 = 0.227 * \log E - 0.839$$

Donde:

E= Módulo Resiliente Sub-Base

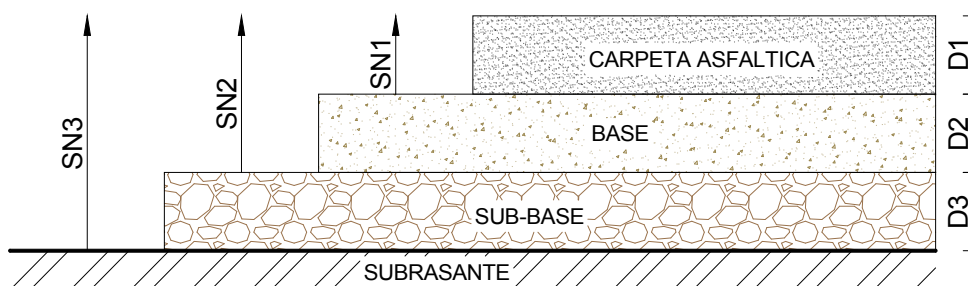
7.5.2.1.2 Espesores Mínimos en Función de SN

Esto se basa en el concepto de que las capas granulares no tratadas deben estar protegidas de tensiones verticales excesivas que les producirían deformaciones permanentes.

Deberá reconocerse que para pavimentos flexibles, la estructura es un sistema de varias capas y por ello deberá diseñarse de acuerdo a ello. Como ya se describió al principio del método, el “número estructural SN” sobre la capa Subrasante o cuerpo del terraplén es lo primero a calcularse. De la misma manera deberá obtenerse el número estructural requerido sobre las capas de la Sub-base y Base, utilizando los valores de resistencia aplicables para cada uno. Trabajando con las diferencias entre los números estructurales que se requieren sobre cada capa, el espesor máximo permitido de cualquier capa puede ser calculado. Por ejemplo, el número estructural máximo permitido para material de la capa de Sub-base, debe ser igual al número estructural requerido sobre la Sub-base restado del SN requerido sobre la Subrasante.

El Método AASHTO recomienda el empleo de la siguiente figura y ecuaciones:

Figura N°3.28: Reconocimiento de la AASTHO



$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Donde:

a_1 , a_2 y a_3 = Coeficientes de capa representativos de carpeta, base y Sub-base respectivamente.

D_1 , D_2 y D_3 = Espesor de la Carpeta, Base y Sub-base respectivamente

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

Cuadro N° 3.26: Espesores Mínimos de Concreto Asfáltico y Base Granular

TRÁNSITO (ESAL's) EN EJES EQUIVALENTES	CARPETAS DE CONCRETO ASFÁLTICO	BASES GRANULARES
Menor de 50,000	2.5 cm	10.0 cm
50,001 - 150,000	5.0 cm	10.0 cm
150,001 - 500,000	6.5 cm	10.0 cm
500,001 - 2'000,000	7.5 cm	15.0 cm
2'000,001 - 7'000,000	9.0 cm	15.0 cm
Mayor de 7'000,000	10.0 cm	15.0 cm

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 * m_2}$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

Donde:

D^* y SN^* representan los valores finales de diseño.

Con todo lo anterior queda configurada la sección estructural de proyecto para pavimento flexible.

7.5.3 Nuevas Tendencias

7.5.3.1 Antecedentes

La red de carreteras interestatales de los Estados Unidos fue modernizada entre los años 1955 a 1995 esencialmente, dando lugar a uno de los sistemas de transporte más masivo y moderno del mundo. Sin embargo, 15 años antes de que dicho sistema fuese completado se empezaron a observar niveles de deterioro importantes en las carreteras. Esta situación comprometía la inversión realizada dado los altos costos necesarios para mantener, rehabilitar y operar la red actual.

En respuesta a esta situación, y por iniciativa de la *Federal Highway Administration* (FHWA) del Departamento de Transporte de los Estados Unidos, se estableció durante 1987 el programa denominado SHRP (*Strategic Highway Research Program*) como una unidad independiente del Consejo Nacional para la Investigación Científica de ese país.

Lo anterior implica, necesariamente, el reconocimiento de que los métodos de diseño tradicionalmente utilizados, que son fundamentalmente empíricos, son inadecuados para las condiciones de tránsito actuales en los Estados Unidos. De hecho, la aplicación de esos métodos para las condiciones de tránsito en México, también presenta limitaciones tal y como se indicó en los capítulos anteriores.

El objetivo global del programa SHRP es el de proveer las herramientas necesarias para mejorar el comportamiento de los pavimentos e incrementar así la duración de su vida útil, mejorando las condiciones de transporte sin ocasionar mayores incrementos en los recursos financieros. Las áreas estratégicas en las cuales el programa SHRP enfoca su atención son las siguientes:

- Asfaltos

- Mantenimiento de pavimentos
- Concreto Hidráulico
- Comportamiento a largo plazo de pavimentos

7.6 Elección del Método de Diseño

Para determinar el método para el diseño y cálculo de espesores depende del buen criterio del ingeniero, condiciones climáticas y disposición de materiales.

Para el cálculo de espesores del paquete estructural del Pavimento se selecciono el Método AASTHO, por lo siguientes:

- ✓ El Método AASTHO se ajusta mejor a las características de nuestro medio por lo que es recomendada y aceptada por las entidades gubernamentales de nuestro País.
- ✓ El Método AASTHO es una de los métodos más actuales en nuestro medio, en comparación a otros métodos de Diseños de Pavimentos como ser el método del CBR, Índice de Grupo, etc., ya que estos métodos no tuvieron ningún cambio significativo en mejoras o perfeccionamiento hasta la fecha. En cambio el método AASTHO ha presentado muchas innovaciones para el perfeccionamiento del diseño de Pavimento, donde aparecen:
 - Concepto de Confiabilidad
 - Se introduce el Modulo Resiliente
 - Condición de Drenaje

7.7 Determinación de Espesores

La determinación de espesores puede ser resuelta mediante la ecuación para pavimento flexible de forma manual lo cual resulta bastante complicada y tedioso, o por medio de ábacos, que es mucho más rápido aunque menos preciso por los errores que se cometerán al trazar las líneas con lápiz.

Es conveniente tener un programa de computación lo cual se logra exactitud y rapidez en la obtención de resultados.

El programa DARWin 3.0, simplifica grandemente el proceso de analizar y diseñar un pavimento. Sin embargo, es esencial un profundo conocimiento de los fundamentos de ingeniería y los principios asociados con el diseño de pavimentos para la apropiada aplicación de este programa.

- ❖ El programa computarizado DARWin contiene tres métodos para dimensionar espesores.
 - ✓ Diseño de Espesores Análisis por Capas,
 - ✓ Diseño Especificado de Espesores
 - ✓ Diseño Optimizado de Espesores
- ❖ Las sobrecarpetas son utilizadas para remediar deficiencias funcionales o estructurales de pavimentos existentes. El proyectista debe considerar el tipo de deterioro presente para determinar si el pavimento tiene una deficiencia funcional o estructural, de manera que se seleccione apropiadamente el diseño y tipo de sobrecarpeta.
 - Sobrecarpeta de concreto asfáltico sobre concreto asfáltico
 - Sobrecarpeta de concreto asfáltico sobre losas fracturadas de hormigón
 - Sobrecarpeta de concreto asfáltico sobre pavimento de hormigón
 - Sobrecarpeta de concreto asfáltico sobre concreto asfáltico/pavimento de hormigón

- Sobrecarpeta de hormigón vinculada sobre hormigón
- Sobrecarpeta de hormigón no vinculada sobre hormigón o sobre concreto asfáltico/pavimento de hormigón
- Sobrecarpeta de hormigón sobre concreto asfáltico

7.7.1 Resultados

a) Cálculo de resultado utilizando la ecuación general

Datos:

ESAL's= 258630.86

$Z_r = -0.674 \rightarrow R = 75\%$ (Camino Rural)

$S_o = 0.45 \rightarrow$ Recomendado para Pavimento Flexible

$\Delta PSI = 4.2 - 2 = 2.2$

$M_R = 400000$ Psi $\rightarrow$ (Capa de Rodadura) $\rightarrow a_1 = 0.42$

$M_R = 27560.28$ Psi $\rightarrow$ (Capa Base) $\rightarrow a_2 = 0.13 \rightarrow m_2 = 1.15$

$M_R = 14213.48$ Psi $\rightarrow$ (Capa Sub-Base) $\rightarrow a_3 = 0.11 \rightarrow m_3 = 1.15$

$M_R = 12252.47$ Psi $\rightarrow$ (Capa Subrasante)

Sustituir los valores en la ecuación:

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

$$\log_{10} (258631) = -0.674 * 0.45 + 9.36 * \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2.2}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} 12252.47 - 8.07$$

Se obtiene $SN=2.04$

$SN=SN_1$



$$\log_{10}(258631) = -0.674 * 0.45 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{2.2}{4.2 - 1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} 27560.28 - 8.07$$

Obtenemos $SN_1 = 1.48$

$$SN_1 = a_1 D_1$$

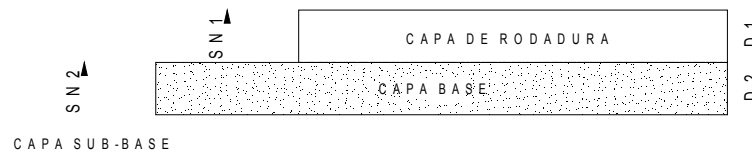
$$1.48 = a_1 D_1$$

$$D_1^* \geq SN_1 / a_1$$

$$D_1^* = 1.48 / 0.42$$

$$D_1^* = 3.52 \text{ pulg (Espesor Teórico)}$$

$$SN_2 = SN_1 + a_2 D_2 m_2$$



$$\log_{10}(258631) = -0.674 * 0.45 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{2.2}{4.2 - 1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} 14213.48 - 8.07$$

$$SN_2 = 1.93$$

$$D_2 = (SN_2 - SN_1) / a_2 m_2$$

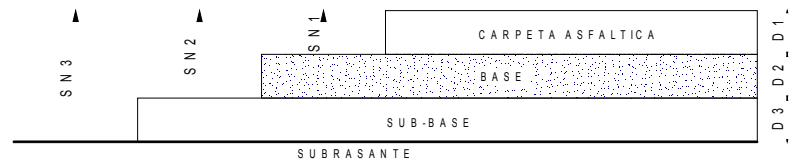
$$D_2 = (1.93 - 1.48) / 0.13 \times 1.15$$

$$D_2 = 3.01 \text{ pulg (Espesor Teórico)}$$

$$SN_2^* = SN_2 - SN_1^*$$

$$SN_2^* = 1.93 - 1.48 = 0.45$$

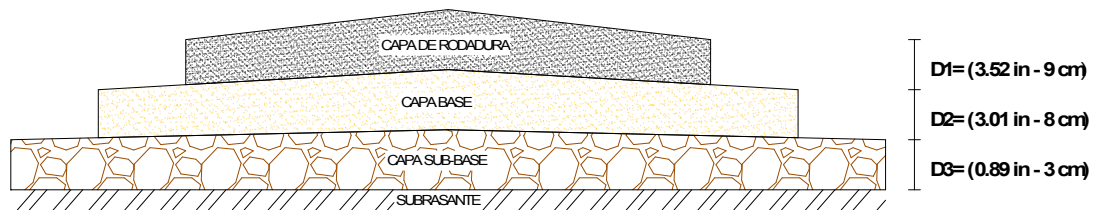
$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$



$$D_3 = [2.04 - (1.48 + 0.45)] / (0.11 * 1.15)$$

$$D_3 = 0.87 \text{ pulg (Espesor Teórico)}$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 2.044 = 2.044 \text{ "OK"}$$



Otra propuesta usando espesores mínimos (ver cuadro 3.26):

$$D_1 = 2 \text{ in} = D_1^*$$

$$SN_1^* = a_1 D_1 = 0.42 \times 2 = 0.83$$

$$SN_2^* = 1.48 \text{ (no cambia)}$$

$$D_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / a_2 m_2 = (1.48 - 0.83) / 0.13 \times 1.15 = 3.6128 \text{ in}$$

$$D_2 = 4 \text{ in}$$

$$SN_1^* + SN_2^* = SN_2$$

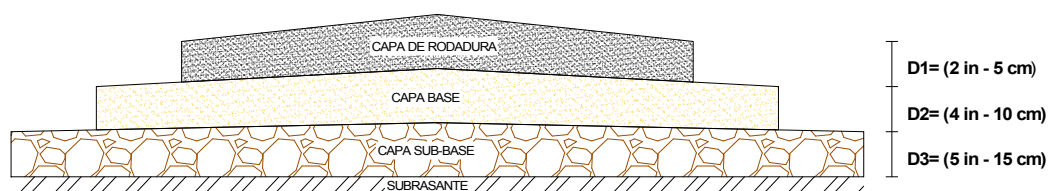
$$SN_2^* = SN_2 - SN_1^* = (1.48 - 0.83) = 0.59$$

$$D_3^* \geq [SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)] / a_3 m_3$$

$$D_3 = [2.04 - (0.83 + 0.59)] / 0.11 \times 1.15 = 4.90 \text{ in}$$

$$D_3 = 5 \text{ in} \rightarrow \text{Adoptar por construcción } 6 \text{ in}$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 2.044 = 2.044 \text{ "OK"}$$



b) Calculo de resultado utilizando Software “DARWin 3.10”

PAQUETE ESTRUCTURAL N°1

- ✓ Introduciendo las variables para calcular el Numero Estructural

PAVIMENTADO CRUCE SAN LORENZO - CARACHIMAYO - ...

Description:
PAQUETE ESTRUCTURAL N° 1

80-kN ESALs Over Initial Performance Period: 258,631

Initial Serviceability: 4.2

Terminal Serviceability: 2

Reliability Level (%): 75

Overall Standard Deviation: 0.45

Roadbed Soil Resilient Modulus: 84,480 kPa

Number of Construction Stage: 1

Design Structural Number: 52 mm

- ✓ Calculando espesores con el Numero Estructural obtenidos tiene

Thickness Designs

Layered Specified Optimized

Layer	Material Description	Struct. Coeff. (Ai)	Drain. Coeff. (Mi)	Spec. Thick. (Di) (mm)	Min. Thick. (mm)	Elastic Modulus (kPa)	One Dir. Width (m)	Thick. (mm)	SN (mm)
1	CAPA DE RODADURA	0.42	1	50		2,760,000		50	21
2	CAPA BASE	0.13	1.15	100		190,000		100	15
3	CAPA SUB-BASE	0.11	1.15			98,000		127	16

Precision: Actual mm Thickness Sum: 277

Design SN Source: Flex Design SN

Design SN: 52 (mm) <= Calculated SN: 52 (mm) Design is OK.

OK Cancel Clear Materials...

Con la aplicación de este método se tuvo los siguientes resultados:

Espesor de la capa de rodadura = 5 cm

Espesor de la capa base = 10 cm

Espesor de la capa sub-base = 12.7 cm (adoptamos = 15 cm)

Los espesores de la capa de rodadura y capa base fueron introducido como datos, por lo que solo se obtuvo el espesor de la capa sub-base.

Se puede observar que este diseño cumple con los requerimientos estructurales; en número estructural calculado es igual al número estructural de diseño interno.

PAQUETE ESTRUCTURAL N°2

- ✓ Introduciendo las variables para calcular el Numero Estructural

PAVIMENTADO CRUCE SAN LORENZO - CARACHIMAYO - ...

Description:
PAQUETE ESTRUCTURAL N°2

80-kN ESALs Over Initial Performance Period: 258,631

Initial Serviceability: 4.2

Terminal Serviceability: 2

Reliability Level (%): 75

Overall Standard Deviation: 0.45

Roadbed Soil Resilient Modulus: 246,070 kPa

Number of Construction Stage: 1

Design Structural Number: 34 mm

- ✓ Calculando espesores con el Numero Estructural obtenidos tiene

Thickness Designs

Layered | Specified | Optimized

Layer	Material Description	Struct. Coeff. (Ai)	Drain Coeff. (Mi)	Spec Thick (Di) (mm)	Min. Thick. (mm)	Elastic Modulus (kPa)	One Dir Width (m)	Thick. (mm)	SN (mm)
1	CAPA DE RODADURA	0.42	1	50		2,757,904	50	21	
2	CAPA BASE	0.13	1.15			190,029.9	87	13	

Precision: Actual mm Thickness Sum: 137

Design SN Source: Flex Design SN

Design SN: 34 (mm) <= Calculated SN: 34 (mm) Design is OK.

OK Cancel Clear Materials...

Con la aplicación de este método se tuvo los siguientes resultados:

Espesor de la capa de rodadura = 5 cm

Espesor de la capa base = 8.7 cm (adoptamos = 15 cm)

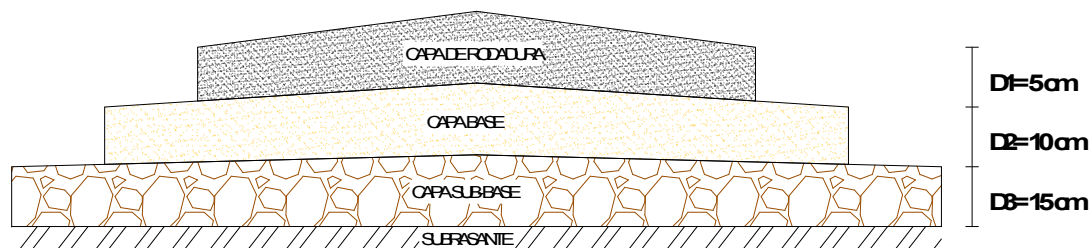
El espesor de la capa de rodadura fue introducido como datos, por lo que solo se obtuvo el espesor de la capa base.

Se puede observar que este diseño cumple con los requerimientos estructurales; en número estructural calculado es igual al número estructural de diseño interno.

Como se puede observar el espesor de la capa base es 8.7 cm, en el sector rocoso, por lo que es conveniente de acuerdo a las condiciones de trabajo que la capa de rodadura cuente con un material de soporte para que de esta forma garantizar la adherencia y la drenabilidad, por lo que asumimos un espesor de capa base de 15 cm

c) Resumen de los espesores del proyecto

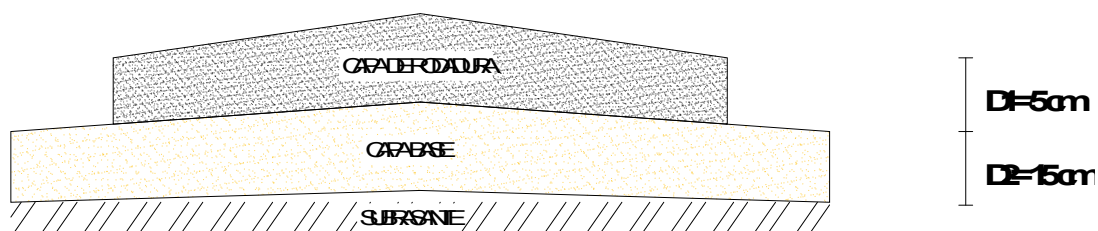
❖ Paquete estructural N°1



Cuadro N°3.26: Espesor del Paquete Estructural N°1

Paquete Estructural N°1		
Elemento Estructural	Espesor	
	cm	in
CAPA DE RODADURA	50	2
CAPA BASE	100	4
CAPA SUBBASE	150	6

❖ Paquete estructural N°2



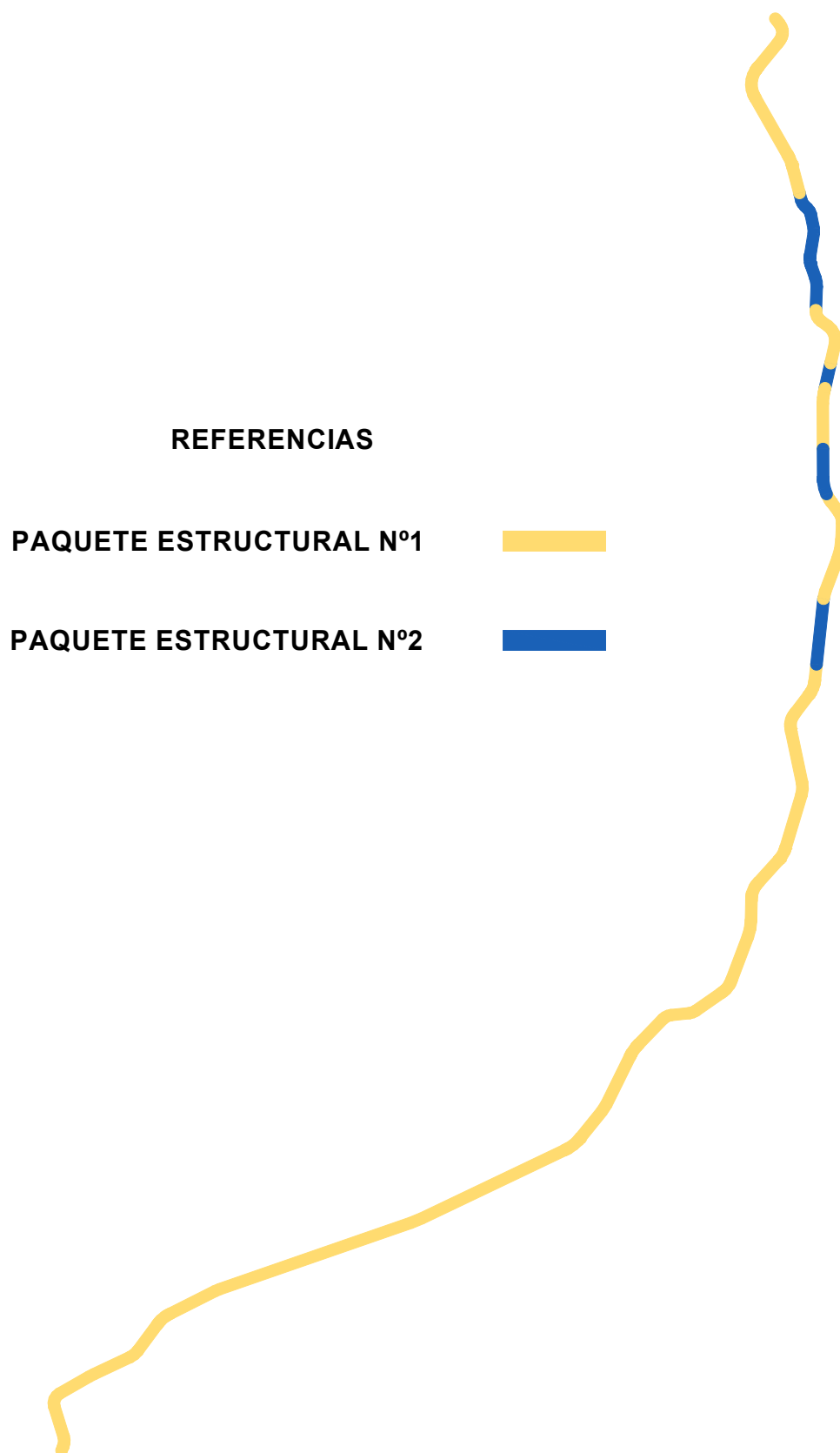
Cuadro N°3.27: Espesor del Paquete Estructural N°2

Paquete Estructural N°2		
Elemento Estructural	Espesor	
	cm	in
CAPA DE RODADURA	50	2
CAPA BASE	150	4

Cuadro N°3.28: Ubicación del Paquete Estructural

Progresiva Inicial	Progresiva Final	Característica	Tipo de Pavimento
0+000,00	4+720,00	Paquete Estructural N°1	Pavimento Flexible
4+720,00	4+980,00	Paquete Estructural N°2	Pavimento Flexible
4+980,00	5+420,00	Paquete Estructural N°1	Pavimento Flexible
5+420,00	5+600,00	Paquete Estructural N°2	Pavimento Flexible
5+600,00	5+840,00	Paquete Estructural N°1	Pavimento Flexible
5+840,00	5+940,00	Paquete Estructural N°2	Pavimento Flexible
5+940,00	6+180,00	Paquete Estructural N°1	Pavimento Flexible
6+180,00	6+660,00	Paquete Estructural N°2	Pavimento Flexible
6+660,00	7+433,76	Paquete Estructural N°1	Pavimento Flexible

Figura N°3.29: Ubicación de los Paquetes Estructurales en el Tramo del Proyecto



8 SEÑALIZACION

8.1 Introducción

El nivel de seguridad provisto al usuario vial de una carretera, depende en gran medida de la consciente consideración de la seguridad adoptada desde la planificación hasta la construcción y operación final.

Aunque una sola excepción de diseño para una característica vial pueda parecer tener poco efecto en la seguridad, el efecto neto de varios de tales cambios puede ser desastroso.

La falla en considerar coherentemente la seguridad de cada componente de diseño y la interacción de las características de diseño pueden conducir a problemas que no son aparentes hasta después de abrir la carretera al tránsito.

Tales problemas de seguridad deben luego remediarse a innecesarios costos adicionales.

Para que los usuarios de la carretera puedan circular de forma segura se adoptó las siguientes premisas:

- Reglamentar y disciplinar el uso de la vía.
- Atraer la atención el conductor transmitiendo un mensaje claro.
- Advertir sobre peligros potenciales.
- Orientar el usuario a través de informaciones útiles y necesarias a su desplazamiento.

La señalización propuesta atiende a principios tales como visibilidad, legibilidad diurna y nocturna, comprensión rápida del significado de las indicaciones, informaciones, advertencias y consejos educativos, basados en el diseño geométrico en planta y perfil, en el catastro y visitas de campo.

El diseño está compuesto de:

- Señalización vertical.
- Señalización horizontal.

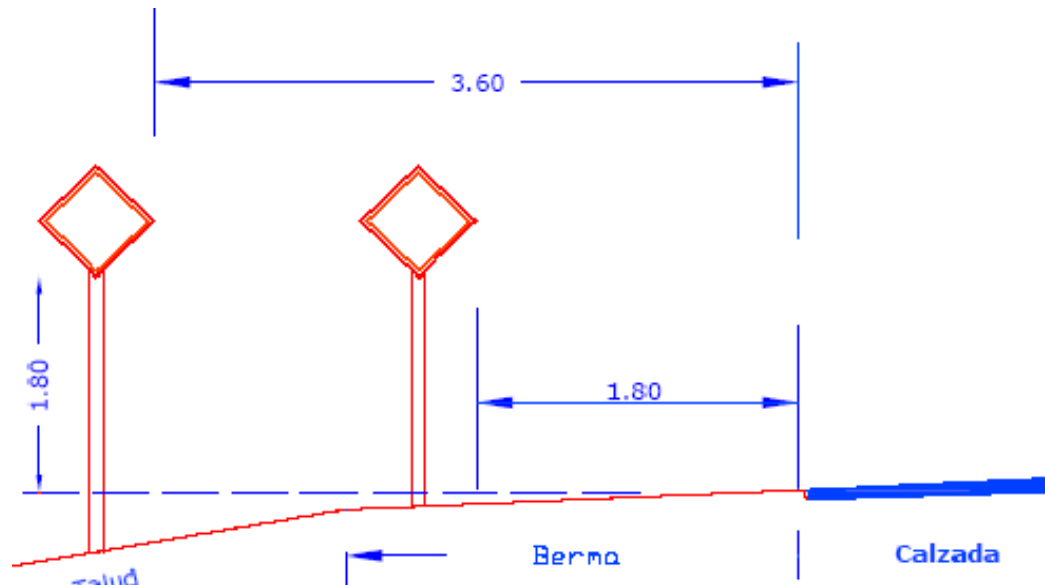
8.2 Señalización Vertical

La señalización vertical se refiere al conjunto de elementos instalados a los lados de la carretera o sobre ella, destinados a reglamentar el tránsito y a advertir o informar a los conductores.

Las placas de las señalizaciones verticales propuestas deberán ser ejecutadas en chapas de acero laminado a frío, galvanizado con 1,25 mm de espesor. Los soportes de las placas deberán ser del tipo metálicos en acero carbono galvanizado.

Las señales se colocarán de acuerdo a lo establecido por el Manual Técnico del Servicio Nacional de Caminos (Figura N°3.30). En sentido vertical y formarán horizontalmente un ángulo recto con el borde del pavimento. La ubicación longitudinal de los dispositivos de señalización vertical está en función a la velocidad del tráfico a una distancia tal, que el conductor tenga tiempo para comprender y reaccionar antes de llegar al lugar donde se aplica el significado de la señal.

Figura N°3.30: Esquema de ubicación de señales



Se considera:

8.2.1 Señalización Reglamentaria

Cuya función es informar a los usuarios de la autopista sobre la existencia de limitaciones o prohibiciones reglamentarias que deben cumplir. Estas señales se identifican con el código general SR. (Figura N°3.31)

Las señales se agruparon por su función en señales limitativas y prohibitivas. Las señales limitativas “limitan” el movimiento de vehículos a ciertas regulaciones que están representadas por un símbolo dentro de una orla de color rojo. Las señales prohibitivas “prohíben” terminantemente ciertos movimientos y están representadas por un símbolo cruzado por una diagonal a 45° de color rojo. Estas señales son circulares de 75 cm de diámetro.

La colocación longitudinal de estas señales denota el lugar donde se aplica o empieza una prohibición o restricción, **en el presente proyecto se tiene 9 pza.**

Figura N°3.31: Señalización Reglamentaria

8.2.2 Señalización Preventiva

Las señales preventivas se utilizaron para indicar la existencia y naturaleza de un peligro próximo que el usuario de la carretera tiene que conocer para actuar como corresponde (Figura N°3.32) Estas señales se identifican con el código general SP.

Se analizaron y seleccionaron cuidadosamente las señales que se utilizarán para identificar exactamente las zonas donde existen peligros. Las señales preventivas son de forma cuadrada de 75 cm de lado de color amarillo con el símbolo que representa la prevención y los bordes de color negro.

Las señales preventivas se colocarán antes del peligro que se desea anunciar, a una distancia que permita el suficiente tiempo al conductor para su interpretación y reacción en función de la velocidad, **para el proyecto se tiene 20 pzas, 10 a la izquierda y 10 a la derecha.**

Figura N°3.32: Señalización Preventiva

8.2.3 Señalización Informativa

Las señales informativas sirven para dirigir al conductor de un vehículo a lo largo de su itinerario, proporcionándole información sobre direcciones y destinos de los caminos, poblaciones y distancias, así como otros lugares de interés y servicios públicos disponibles. La señalización informativa empleada, será de tres tipos:

- Destino
- Servicios
- Ambiental

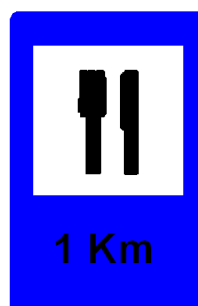
Para la señalización informativa de destino se emplearán placas de fondo color verde con letras blancas de 17.5 cm de altura. Las dimensiones de las placas serán de acuerdo a lo establecido por el Manual de Señalización del Servicio Nacional de Caminos **(Para el proyecto se tiene 2 pizas de destino)**.

Figura N°3.33: Señalización Informativa de Destino



Para la señalización informativa de servicios el fondo del letrero será azul como se indica en los planos correspondientes **(para el proyecto se tiene 1 pieza)**.

Figura N°3.34: Señalización Informativa de servicios



8.3 Señalización Horizontal

Las señales o maracas horizontales son rayas, símbolos y letras pintadas sobre las superficies del pavimento y sirven para dirigir y orientar a los usuarios que transitan por los caminos.

Estas maracas tiene la finalidad de indicar ciertos riesgos, peligros, prohibiciones, canalizar el tráfico y complementar las indicaciones de otras señales que controlan el tránsito. Sus características al igual que otras señales, las hacen visibles durante el día y la noche, excepto cuando existen ciertas condiciones climatológicas que reducen su visibilidad al estar mojadas o cubiertas por hielos y nieve.

A manera de información simplemente se citarán el tipo de marcas horizontales que se usan para orientar al usuario. Por su significado las maracas se clasifican en 12 grupos diferentes, manteniéndose una igualdad de formas y colores en cada uno de ellos.

- Rayas centrales
- Rayas separadoras de carriles
- Rayas limitadoras de la calzada
- Rayas canalizadoras
- Rayas de parada
- Rayas de cruces para peatones
- Rayas de aproximación a obstáculos
- Marcas en cruces de ferrocarril
- Marcas reguladoras para uso de carriles
- Marcas indicadoras de peligro
- Marcas limitadoras de isleta

- a) **Aplicaciones:** La aplicación de estas marcas se estudiará cuidadosamente con el objeto de utilizar las correspondientes para cada situación. Cada una de estas marcas tiene una aplicación diferente y siempre se utilizará la misma para definir el mismo tipo de demarcación. Algunas de estas marcas deberán estar acompañadas o precedidas por señales restrictivas o preventivas. Su aplicación es solamente para pavimentos asfálticos o de cemento, en zonas donde el volumen de tránsito así lo requiera.
- b) **Forma y Tamaño:** La forma de estas marcas es generalmente lineal con diferentes anchos según su aplicación. En cada uno de los grupos se detallan las dimensiones requeridas para la demarcación, según la importancia del camino. También se tendrá en cuenta la economía de los presupuestos al seleccionar las dimensiones para cada proyecto. Como generalidad podría establecerse que las dimensiones máximas se utilizan para los camiones importantes y las dimensiones mínimas en los menos importantes.
- c) **Color:** Los únicos colores que se utilizan son el amarillo y blanco, en las marcas de pavimento. En cada uno de los grupos de marcas anteriormente descritos se indica el color requerido. Se utilizará la pintura de especificación, y su aplicación será preferiblemente mediante grupos especiales dotados de pulverizadores, capaces de pintar hasta tres rayas paralelas continuas segmentadas al mismo tiempo y de diferentes colores; también tendrán un dispositivo para la incrustación de micro-vidrio o pequeñas esferas de vidrio para lograr la reflectorización nocturna.
- d) **Reflectorización:** Todas las marcas del pavimento deberán ser pintadas con características de reflectorización en los caminos de la red fundamental y complementaria, donde se registra un volumen de tráfico diario promedio de más de 300 vehículos, excepto en aquellas zonas donde existe iluminación artificial nocturna suficientemente adecuada.

1 CONCLUSIONES

El desarrollo de la investigación y sus resultados, nos muestran a detalles las características de suelo con que se cuenta en la zona de estudio y la solución correspondiente al problema de la necesidad del pavimentado del tramo, permitiendo establecer las siguientes consideraciones finales.

- Como conclusión el Proyecto “Estudio a Diseño Final Pavimentado Cruce San Lorenzo – Carachimayo” es un proyecto de gran envergadura (Amplitud) ya que vinculara al:
 - Mejoramiento y desarrollo de la calidad de vida de los pobladores.
 - Incremento del flujo económico de la población beneficiaria.
 - Fomentara a la implementación de otros proyectos.
- Luego del proceso de evaluación tanto técnico como socio económica, se extrae como principal conclusión, que la alternativa N°1 es la más apropiada, ya que los detalles más relevantes en la toma de decisión son las siguientes:
 - Manteniendo las pendientes del camino existente se evitara grandes movimiento de tierra, por lo que coadyuvara a minimizar el costo del proyecto.
 - Manteniendo el trazo del camino existente beneficiara en gran parte a todos los comunarios que se encuentra en las colindancias del camino.

- Otro factor que ha influido en la decisión de la elección de la Alternativa N°1 es la comunidad beneficiaria, ya que en las reuniones de socialización del proyecto se decidió que se mantenga el trazo del camino existente, quedando así descartada la Alternativa N°2 (Variante nueva).
- En cuanto al costo del proyecto la Alternativa N°1 es mas económica que la Alternativa N°2 porque:
 - 1) La Alternativa N°1 tiene una longitud de 7.433 km
 - 2) La Alternativa N°2 tiene una longitud de 11.35 km
- Con el proyecto se benefician de manera directa la Comunidad de Carachimayo Sur, Centro, Norte que corresponden al municipio de San Lorenzo, como así también de manera indirecta se benefician todas las comunidades próximas a la Comunidad de Carachimayo y la población de San Lorenzo.

➤ El costo total del proyecto es:

Costo de Construcción	8294979.04	Bs
Costo de Supervisión	414748.95	Bs
Costo Total del Proyecto (c+s)	8709727.99	Bs

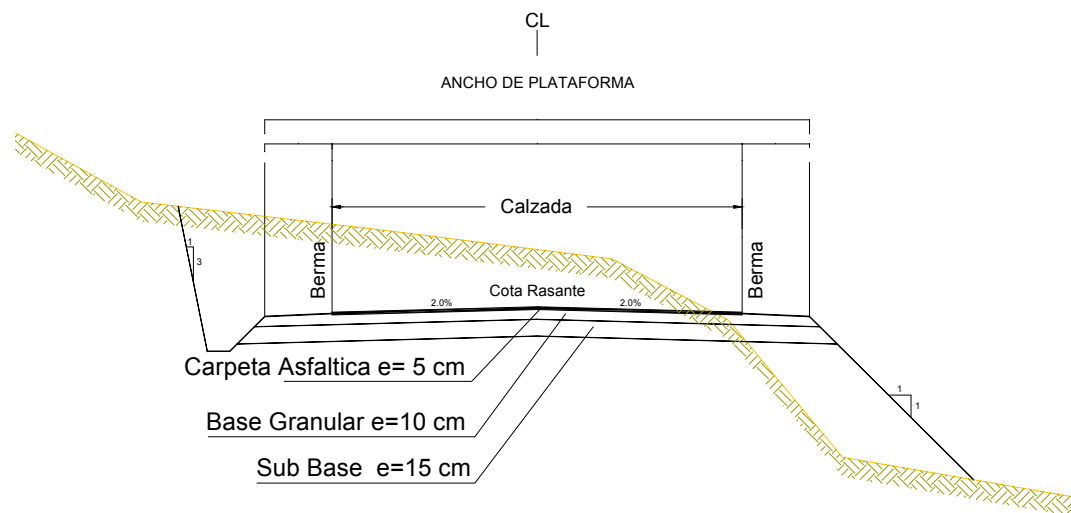
- Sobre la alternativa del trazo seleccionado también se analizaron dos posibilidades en cuanto a la carpeta de rodadura. La Primera consistente en una carpeta asfáltica de 5 cm. Y la otra la posibilidad de

una carpeta de Hormigón; luego de los análisis respectivos se concluye que la carpeta asfáltica es la apropiada por lo siguiente:

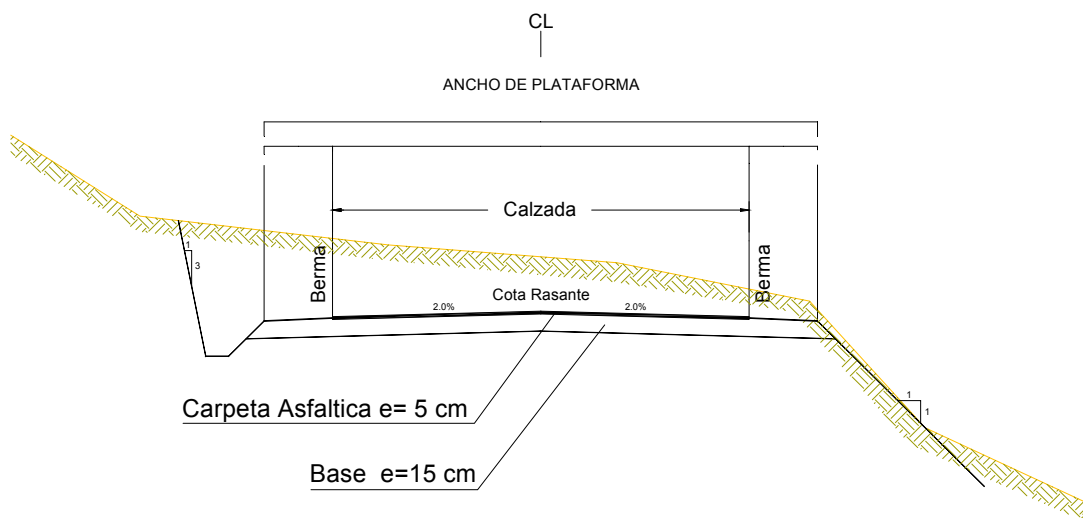
- La carpeta de rodadura asfáltica de 5 cm. es la más conveniente por el costo económico que presenta fundamentalmente en comparación a la carpeta de Hormigón.
 - Técnicamente es conveniente la carpeta asfáltica por el bajo volumen de tráfico vehicular que circula en la zona del proyecto, por lo que así descartamos la carpeta de Hormigón ya que no es conveniente invertir mucho para un tráfico muy bajo que existe en la zona del proyecto.
 - También se puede decir que el pavimento flexible se diseña para un periodo de diseño de 20 años, en cambio el pavimento rígido para 25 años.
 - Otra limitación en cuanto a la elección de la carpeta de rodadura es que la mayoría de los pavimentos de los caminos vecinales son flexibles (ente contratante).
 - La división en capas que se hace en un pavimento flexible obedece a un factor económico.
- El asfaltado del tramo de estudio en su fase de construcción vendrá a ser un generador de fuentes de trabajo y un incrementador de movimiento económico de las poblaciones mencionadas del cantón Carachimayo.

- Por los antecedentes expuestos en el análisis del estudio, se demuestra la justificación de factibilidad técnica, social y económica del proyecto Estudio a Diseño Final Pavimentado Cruce San Lorenzo - Carachimayo.
- En el diseño del cálculo para el paquete estructural del presente proyecto en estudio se obtuvieron dos resultados.

Paquete estructural N°1 (Suelo Blando)



Paquete estructural N° 2 (Suelo Rocoso)



UBICACIÓN DEL PAQUETE ESTRUCTURAL			
Progresiva Inicial	Progresiva Final	Característica	Tipo de Pavimento
0+000,00	4+720,00	Paquete Estructural N°1	Pavimento Flexible
4+720,00	4+980,00	Paquete Estructural N°2	Pavimento Flexible
4+980,00	5+420,00	Paquete Estructural N°1	Pavimento Flexible
5+420,00	5+600,00	Paquete Estructural N°2	Pavimento Flexible
5+600,00	5+840,00	Paquete Estructural N°1	Pavimento Flexible
5+840,00	5+940,00	Paquete Estructural N°2	Pavimento Flexible
5+940,00	6+180,00	Paquete Estructural N°1	Pavimento Flexible
6+180,00	6+660,00	Paquete Estructural N°2	Pavimento Flexible
6+660,00	7+433,76	Paquete Estructural N°1	Pavimento Flexible

- En el presente tramo de estudio se determino las ubicaciones de los alcantarillados que están en mal estado y deteriorado debido a la socavación del caudal que ingresa (Planos).
- En la verificación del comportamiento estructural sobre la vía (Capacidad de Soporte vs Cargas) se puede apreciar que; fijando una de las variables y haciendo variar la otra se puede apreciar o estudiar el efecto del comportamiento estructural sobre la vía:
 - Partiendo del ESAI's de Diseño $=2.58 \times 10^5 \rightarrow$ Resulta un SN= 52 mm (2.05pulg.).
 - Ahora con un ESAL's $=5 \times 10^5 \rightarrow$ Resulta un SN= 58 mm (2.28pulg.).

Ahora se puede apreciar que hubo un incremento de SN de 6 mm (0.24 pulg.), esto quiere decir que para reducir las tenciones verticales y las deformaciones permanente del paquete estructural se requiere incrementar la base y la sub-base, en efecto es conveniente incrementar la sub-base para abaratar costo.

- El proyecto Estudio a Diseño Final “Pavimentado Cruce San Lorenzo – Carachimayo” es viable desde el punto de vista técnico, social, económico, ambiental e institucional ya que se cuenta con todos los recursos necesarios (materiales y humanos) para la implementación y posterior funcionamiento del mismo.
- Con el servicio de acompañamiento durante la ejecución del proyecto, se pretende lograr la consolidación del plan de orientación y conservación de la inversión con reuniones de comunarios (principalmente los que tienen su propiedad sobre la vía) o usuarios a fin de garantizar la sostenibilidad del proyecto. En forma conjunta con la representación comunal, El Servicio Departamental de Caminos y el Gobierno Municipal de San Lorenzo.
- Para la determinación de espesores se resolvió utilizando la ecuación general de diseño AASTHO y también se utilizó el programa DARWin 3.0, la ventaja de utilizar el programa es que es exacto y rápido; por ambas vía ya sea utilizando la ecuación o el programa se obtuvieron los mismo resultados.

2 RECOMENDACIONES

Tomar las siguientes recomendaciones que son necesarias para su ejecución del presente proyecto:

- El ente promotor financiara la ejecución del presente Estudio a Diseño Final a través del Servicio Departamental de Camino, pavimentando un tramo con una longitud de 7.433 Km. en una zona que presenta un fuerte potencial productivo por los antecedentes expuestos y otra razón también es necesario aprovechar estas condiciones para generar economías de escala alterna a la existente, generando mayor valor agregado a la producción, como así también la posibilidad de generar nuevas fuentes de ingreso y empleos directos e indirectos para la población.
- El método para diseño y cálculo de espesores depende del buen criterio del ingeniero, condiciones climáticas y disposición de materiales etc..
- De las metodologías que se mencionaron en el presente estudio para el diseño de pavimento flexible, para dimensionar los espesores del paquete estructural se recomienda utilizar el método A.A.S.H.T.O. ya que es uno de los métodos más actuales y se ajusta mejor a las características de nuestro medio por lo que también es recomendada y es aceptada por las entidades gubernamentales de nuestro país.
- La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la

humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

- Recomendamos remplazar algunas alcantarillas por un diámetro mayor y otras por estar deteriorado, también reubicar algunas porque no siguen su dirección de circulación del caudal.
- En el tramo rocoso se recomienda que no se coloque directamente la carpeta asfáltica, ya que puede fracturar la misma por el efecto de la carga de tránsito, como sabemos el pavimento flexible trabaja como su nombre lo dice (Flexible); por lo que se recomienda colocar una base de 15 cm de espesor para la adherencia y drenabilidad del mismo.
- Durante el trabajo de investigación es recomendable que los materiales a utilizar; en los diferentes ensayos de laboratorio sea representativos del lugar que se realiza la investigación, tener cuidado con la toma de muestras y su manipulación en laboratorio ya que el incremento de agua o la mezcla con otro suelo puede alterar las aptitudes del suelo.
- De acuerdo a las conclusiones y resultado del estudio que se ha desarrollado, y viendo el impacto positivo desde el punto de vista social del proyecto en la población se recomienda que se considere la decisión de ejecutar el proyecto, a pesar de la inviabilidad del mismo desde el punto de vista de los Indicadores Sociales y Económicos del proyecto, ya que este proyecto es de una sentida necesidad para el desarrollo de la comunidad de Carachimayo.

- Desde el punto de vista de los Impactos Ambientales se recomienda realizar un Estudio de Impacto Ambiental Analítico y Específico.
- Se recomienda aplicar el presente estudio a manera de guía a sectores con los mismos problemas, siempre y cuando se apliquen los ensayos correspondientes y datos propios de cada zona.
- Se recomienda realizar mantenimiento a todo el sistema de drenaje superficial existente (cunetas y transversal existente), ya que en el momento de realizar el presente estudio dichas obras se encontraron infartadas (circulando el agua por la calzada, en vez de las cunetas). además el bombeo transversal de la vía es muy bajo.
- Se recomienda utilizar el programa DARWin 3.0, porque nos ayuda a simplificar grandemente el proceso de analizar y diseñar un pavimento. Sin embargo, es esencial un profundo conocimiento de los fundamentos de ingeniería y los principios asociados con el diseño de pavimentos para la apropiada aplicación de este programa.