



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).
Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Estudio definitivo del camino vecinal empalme SM-569 (Puente –
Yuracyacu) – Sector Limones, a nivel de afirmado distrito de
Moyobamba - San Martín**

PRESENTADO POR:

Bachiller: Nelson Vásquez Vásquez

Bachiller: Saúl García Vásquez

ASESOR:

Ing. M.Sc.: Víctor Eduardo Samamé Zatta

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

TARAPOTO - PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Estudio definitivo del camino vecinal empalme SM-569 (Puente -
Yuracyacu) – Sector Limones, a nivel de afirmado distrito de
Moyobamba - San Martín**

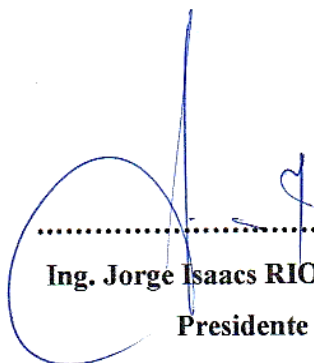
PRESENTADO POR:

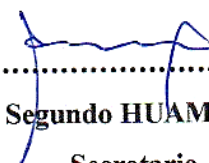
Bachiller: Nelson Vásquez Vásquez

Bachiller: Saúl García Vásquez


Sustentado y aprobado ante el honorable jurado

el día 30 de diciembre de 2016


.....
Ing. Jorge Isaacs RIOJA DÍAZ
Presidente


.....
Ing. Carlos Segundo HUAMÁN TORREJÓN
Secretario


.....
Ing. M.Sc Rubén DEL ÁGUILA PANDURO
Miembro


.....
Ing. M.Sc Víctor Eduardo SAMAMÉ ZATTA
Asesor

TARAPOTO – PERÚ

2016

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Nelson Vásquez Vásquez, egresado(a) de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, identificado con DNI N° 46769307, Domiciliado en: Jonavi. M2-B. 21-07, con la tesis titulada: Estudio definitivo del camino vecinal eugalmé SM-569 (Puente Yocayacu) - Sector Limaces a nivel de afirmada distrito de Hoyoqamba - San Martín.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 20 de Abril del 2018.



N Y-V
.....

DNI N° 46769307.

Declaratoria de Autenticidad

Yo, SAUL GARCÍA VÁSQUEZ, egresado(a) de la Facultad de INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA de la Escuela profesional de INGENIERIA CIVIL, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con DNI N° 43722492, Domiciliado en: J.R. Las Flores N° 380, con la tesis titulada: Estudio definitivo del camino vecinal empalme SH-569 (Puente Yurayacu) - Sector Limones a nivel de afirmado distrito de Moyobamba - San Martín

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 20 de ABRIL del 2018.



DNI N° 43722492




DECLARACIÓN JURADA

Yo, NELSON VASQUEZ VASQUEZ
identificado(a) con DNI N° 46769307, domicilio legal FONAVI N° 3 - LOTE 07 MORALES - TARAPOTO, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

Tarapoto, 20 de ABRIL del 2018

N 
Firma


Huella Digital

DECLARACIÓN JURADA

Yo, SAÚL GARCÍA VÁSQUEZ
identificado(a) con DNI N° 43722492, domicilio legal
Jr. LAS FLORES N° 280 - MORACE, a efecto de cumplir con las
Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San
Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos,
datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos
y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad,
ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada,
por lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la
Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

Tarapoto, 20 de ABRIL del 2018.


Firma



Huella Digital

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: <i>YASQUEZ YASQUEZ NELSON</i>	
Código de alumno : <i>093174</i>	Teléfono:
Correo electrónico : <i>nevasho@hotmail.com</i>	DNI: <i>46769307</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: <i>INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</i>
Escuela Profesional de: <i>INGENIERIA CIVIL</i>

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: <i>ESTUDIO DEFINITIVO DEL CARRIL VECINAL SH 569 (PUENTE YURACAYACU) SECTOR LIMONES A NIVEL DE AFIRMADO DISTRITO MOYODANDE - SAN MARTIN</i>
Año de publicación: <i>2018</i>

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.

N $\sqrt{\frac{1}{2}}$
.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

23 / 04 / 2018



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: GARCÍA VÁSQUEZ SAÚL	Teléfono:
Código de alumno : 083113	DNI: 43722492
Correo electrónico : Kasa_57@hotmail.com	

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de: INGENIERÍA CIVIL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: ESTUDIO DEFINITIVO DEL CAMINO VECINAL SM - 569 (PUENTE YORACYAO), SECTOR LIMONÉS A NIVEL DE AFIRMAO DISTRITO MOYOBAMBA - SAN MARTÍN
Año de publicación: 2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

23 / 04 / 2018



.....
Firma del Responsable de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA:

El presente trabajo de investigación está dedicado a un ser especial Natividad, a mis padres, a mi esposa Daniela e hijos Zoe Anais, Julio Saúl y Daniel Aarón, que son la bendición más grande en mi vida, por su constante apoyo, paciencia y amor incondicional durante todo este proceso.

AGRADECIMIENTO

A Dios por las bendiciones que le ha dado a mi vida y guiarme siempre donde me encuentre.

Agradezco a mis padres Julio y Catalina, a todos mis hermanos y familiares por su constante apoyo moral y económico en todo el tiempo de estudios.

A la familia universitaria docentes y compañeros que formaron parte de mi formación profesional, gracias por compartir sus conocimientos, su amistad y momentos inolvidables, porque esa es nuestra facultad una familia para siempre.

Al Ing. MSc. Víctor Eduardo Samamé Zatta, asesor de la presente tesis, por su apoyo incondicional tanto moral como académico para lograr el presente objetivo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE	viii
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades.	1
1.2 Exploración Preliminar Orientando la Investigación.	2
1.3 Aspectos Generales del Estudio.	3
1.3.1 Características Generales.	3
1.3.1.1 Ubicación Geográfica del Proyecto.	3
1.3.1.2 Situación actual.	6
1.3.1.3 Vías de acceso.	7
1.3.1.4 Población Beneficiada.	7
1.3.1.5 Características Socioeconómicas.	8
1.3.1.6 Características Físicas.	9
1.3.1.7 Climatología.	9
1.3.1.8 Justificación.	10

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes, Planteamiento, Delimitación, Formulación del Problema a resolver.	11
2.1.1 Antecedentes del Problema.	11
2.1.2 Planteamiento del Problema.	12
2.1.3 Delimitación del Problema.	12
2.1.4 Formulación del Problema a Resolver.	12
2.2 Objetivos.	13
2.2.1 Objetivo General.	13
2.2.2 Objetivos Específicos.	13
2.3 Justificación de la Investigación.	13
2.4 Delimitación de la Investigación.	14

2.5	Marco Teórico.	14
2.5.1	Antecedentes de la Investigación.	14
2.5.2	Marco Teórico y Conceptual.	15
2.5.2.1	Estudio de tráfico.	15
2.5.2.2	Mejoramiento de caminos vecinales.	16
2.5.2.3	Clasificación de diseño vial.	16
2.5.2.4	Parámetros y elementos básicos de diseño.	17
2.5.2.4.1	Velocidad de diseño.	17
2.5.2.4.2	Sección transversal de diseño.	18
2.5.2.4.3	Curvas horizontales.	19
2.5.2.4.4	Pendiente.	20
2.5.2.4.5	Tipo de superficie de rodadura.	20
2.5.2.5	Hidrología y drenaje.	21
2.5.2.6	Hidrología y cálculos hidráulicos.	22
2.5.2.6.1	Cálculo del caudal de diseño.	23
2.5.2.6.2	Cunetas.	23
2.5.2.6.3	Alcantarillas.	23
2.5.2.7	Suelos y Geotecnia.	24
2.5.2.8	Subrasante.	25
2.5.2.9	Diseño de Pavimento.	26
2.5.2.10	Carpeta de Rodadura.	26
2.5.2.11	Impacto Ambiental.	29
2.5.2.12	Marco Conceptual.	30
2.5.2.13	Levantamiento Topográfico.	33
2.5.2.14	Selección del tipo de vía y parámetros de diseño.	35
2.5.2.14.1	Según su Jurisdicción.	35
2.5.2.14.1.1	Sistema Nacional.	35
2.5.2.14.1.2	Sistema departamental.	35
2.5.2.14.1.3	Sistema Vecinal.	36
2.5.2.14.2	Clasificación funcional de la red vial.	36
2.5.2.14.2.1	Carreteras longitudinales.	36
2.5.2.14.2.2	Carreteras transversales .	36
2.5.2.14.2.3	Carreteras colaterales.	36
2.5.2.14.2.4	Carreteras locales.	36

2.5.2.14.3	Clasificación por importancia de la vía.	36
2.5.2.14.3.1	Carreteras duales.	36
2.5.2.14.3.2	Carreteras 1era clase.	36
2.5.2.14.3.3	Carreteras 2da clase.	36
2.5.2.14.3.4	Carreteras 3era clase.	36
2.5.2.14.3.5	Trochas Carrozables.	36
2.5.2.14.4	Clasificación según las condiciones orográficas.	37
2.5.2.14.4.1	Carretera Tipo.	37
2.5.2.14.4.2	Carretera Tipo 2.	37
2.5.2.14.4.3	Carretera Tipo 3.	37
2.5.2.14.4.4	Carretera Tipo 4.	37
2.5.2.14.5	Velocidad de Diseño.	37
2.5.2.15	Trazado del eje longitudinal.	49
2.5.2.16	Nivelación del eje longitudinal.	49
2.5.2.17	Seccionamiento transversal.	50
2.5.2.18	Estudio de Suelos y Canteras.	52
2.5.2.18.1	Generalidades.	52
2.5.2.18.2	Geología.	52
2.5.2.18.3	Ensayos generales.	53
2.5.2.18.4	Ensayos generales para clasificar los suelos.	54
2.5.2.18.5	Ensayos de control o inspección.	60
2.5.2.18.6	Ensayos de resistencia.	64
2.5.2.18.7	Ubicación y estudio de canteras.	67
2.5.2.18.8	Hidrología y Drenaje.	68
2.5.3	Marco Histórico.	72
2.6	Hipótesis.	72

III. MATERIALES Y METODOS

3.1	Materiales.	73
3.1.1	Recursos humanos.	73
3.1.2	Recursos materiales y servicios.	73
3.1.3	Recursos de equipos.	73
3.2	Metodología de la Investigación.	73
3.2.1	Universo y muestra.	73

3.2.2	Sistema de variables.	73
3.2.3	Tipos y nivel de investigación.	74
3.2.3.1	Diseño del método de investigación.	74
3.2.4	Diseño de instrumentos.	75
3.2.4.1	Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos.	75
3.2.5	Procesamiento de la información.	75
3.2.5.1	Diseño del Pavimento.	75
3.2.5.2	Método NAASRA.	75
3.2.5.3	Cálculo del índice medio de tráfico.	76
3.2.5.4	Clasificación de suelos.	77
3.2.6	Análisis de Resultados.	77
3.2.7	Estudio de Impacto Ambiental.	78

IV. RESULTADOS

4.1	Estudio básico de topografía.	80
4.2	Diseño geométrico de la vía.	81
4.2.1	Alineamiento horizontal.	82
4.2.2	Curvas horizontales.	82
4.2.3	Peralte en curvas horizontales.	81
4.2.4	Sobreechancho de la calzada en curvas circulares.	84
4.2.5	Alineamiento Vertical.	84
4.2.6	Curvas verticales.	85
4.2.7	Pendiente Longitudinal.	85
4.3	Hidrología y drenaje.	86
4.3.1	Introducción.	86
4.3.2	Ubicación de fuentes de agua.	87
4.3.3	Diseño de obras de drenaje superficial.	88
4.3.3.1	Cunetas base.	88
4.3.3.2	Descripción de obras de arte e infraestructura existentes.	89
4.4	Estudio de suelos y pavimento.	91
4.5	Diseño de pavimentos a nivel de afirmado.	96

V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1	Análisis y discusión de resultados.	109
-----	-------------------------------------	-----

5.2 Contratación de Hipótesis.	110
--------------------------------	-----

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.	111
6.2 Recomendaciones.	112

VII. BIBLIOGRAFIA

VIII. ANEXOS

Anexo N° 01: Memoria Descriptiva.	1
Anexo N° 02: Especificaciones Técnicas.	38
Anexo N° 03: Estudio Topográfico.	118
Anexo N° 04: Estudio de Trafico.	127
Anexo N° 05: Hidrología y Drenaje.	131
Anexo N° 06: Resumen de Metrados.	142
Anexo N° 06.01: Justificación de Metrados.	145
Anexo N° 07: Presupuesto de obra.	171
Anexo N° 08: Análisis de costos unitarios.	173
Anexo N° 09: Relación de Insumos.	184
Anexo N° 10: Formula Polinomial.	186
Anexo N° 11: Desagregado de gastos indirectos y gastos generales.	187
Anexo N° 12: Cronograma de avance físico valorizado.	190
Anexo N° 13: Cronograma de adquisición de insumos.	192
Anexo N° 14: Cronograma de ejecución de obra (Barras Gantt).	194
Anexo N° 15: Planos.	195

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Población actual total proyectada.	8
Tabla 2:	Características socioeconómicas de la población beneficiaria.	8
Tabla 3:	Valores de radios mínimos y peraltes máximos.	20
Tabla 4:	Pendientes máximas.	20
Tabla 5:	Dimensiones mínimas en cunetas.	23
Tabla 6:	Distancia máxima recomendable entre alcantarillas.	24
Tabla 7:	Ejes equivalentes según periodo de diseño.	27
Tabla 8:	Tipo de topografía en función a la inclinación del terreno respecto de la horizontal.	35
Tabla 9:	Fricción transversal máximo en curvas.	39
Tabla 10:	Proporción del peralte a desarrollar en tangente.	40
Tabla 11:	Pendientes máximas normales.	41
Tabla 12:	Pendientes máximas.	42
Tabla 13:	Elementos de una curva simple.	44
Tabla 14:	Taludes en corte de terreno.	51
Tabla 15:	Taludes de relleno.	52
Tabla 16:	Periodos de retorno para diseño de obras de drenaje en carreteras de bajo volumen de tránsito.	57
Tabla 17:	Valores correspondientes a las muestras patrón (Macadam).	
Tabla 18:	Clasificación típica de CBR.	64
Tabla 19:	Carga abrasiva, máquina de los ángeles.	65
Tabla 20:	Granulometría.	66
Tabla 21:	Porcentaje de desgaste para evaluar los resultados del ensayo de desgaste de abrasión.	66
Tabla 22:	Ubicación de BMS ubicadas en el campo.	67
Tabla 23:	Radios mínimos empleados en el trazo.	81
Tabla 24:	Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte.	82
Tabla 25:	Peraltes empleados en curvas horizontales.	83
		83

Tabla 26:	Sobreancho de la calzada en curvas circulares (M) (calzada de dos carriles de circulación).	84
Tabla 27:	Índice “K” para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.	85
Tabla 28:	Pendiente Máxima Ídem Tabla 12.	89
Tabla 29:	Dimensiones mínimas en cunetas Ídem tabla 5.	90
Tabla 30:	Descripción de obras de arte e infraestructura proyectadas.	93
Tabla 31:	Calicatas de muestreo en tramos.	95
Tabla 32:	Resultados de laboratorio del muestreo de calicatas.	99
Tabla 33:	Estado situacional del camino vecinal en estudio.	100
Tabla 34:	Conteo de tráfico actual.	101
Tabla 35:	Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.	102
Tabla 36:	Tasa de crecimiento vehicular.	102
Tabla 37:	Proyección del tráfico generado (vehículo/día).	103
Tabla 38:	Demanda vehicular proyectada.	104
Tabla 39:	Análisis de tráfico N° de repeticiones ejes equivalentes 8.2tn.	104
Tabla 40:	Clase de tráfico que circula por el tramo en estudio.	105
Tabla 41:	Resultados de CBR.	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Mapa Político del Perú.	5
Gráfico 2:	Mapa del Departamento de San Martín.	5
Gráfico 3:	Mapa de la Provincia de Moyobamba y sus Distritos.	6
Gráfico 4:	Ubicación del proyecto.	6
Gráfico 5:	Clasificación de la red vial y su relación con la velocidad de diseño.	18
Gráfico 6:	Sección típica en corte y relleno.	19
Gráfico 7:	Características de la carpeta de rodadura para caminos de bajo volumen de tránsito.	21
Gráfico 8:	Sección típica de drenaje superficial.	22
Gráfico 9:	Determinación del espesor de revestimiento.	28
Gráfico 10:	Espesores de revestimiento granular para tráfico T_0 .	29
Gráfico 11:	Elementos de una curva simple.	44
Gráfico 12:	Elementos de una curva cóncava simétrica.	46
Gráfico 13:	Elementos de una curva convexa simétrica.	46
Gráfico 14:	Elementos de una curva convexa simétrica.	51
Gráfico 15:	Drenaje superficial en caminos pavimentados.	70
Gráfico 16:	Desagüe sobre los taludes en Relleno.	71
Gráfico 17:	Determinación de espesor de capa de revestimiento granular.	105
Gráfico 18:	Catálogo de capas de revestimiento granular.	108

ÍNDICE DE PLANOS

Plano Planta General	PG - 01
Planos Planta y Perfil Longitudinal.	PPL – (01 al 07)
Planos Secciones Transversal.	ST – (01 al 07)
Planos Obras de Drenaje	OD – (01 al 23)
Plano Puntos de Agua.	PA - 01
Plano Ubicación de Cantera y Fuentes de Agua.	UCFA - 01
Planos Clave de Señalización.	PS - 01
Plano de Señalización	PS – (02 al 05)

RESUMEN

La presente investigación denominada “Estudio definitivo del camino vecinal empalme SM - 569 (Puente Yuracyacu) - Sector Limones, a nivel de afirmado distrito de Moyobamba - San Martín”, se desarrolló con fines de dar solución a la problemática vial existente en el sector rural de la provincia de Moyobamba, ya que la situación actual de los caminos vecinales tiene problemas de transitabilidad, generando que los costos del transporte de los productos del campo a la ciudad sean altos originando demoras e incomodidad en el desplazamiento del campo a la ciudad y viceversa, teniendo presente que la única manera de poder vender sus productos es llevándolos a la ciudad donde sí se puede encontrar una demanda en sus mercados, de la misma manera realizan las compras de productos comestibles que viene de otras regiones, razón por la cual se ha participado en la formulación del proyecto en mención para lograr un camino vecinal afirmado. Aplicando para ello todos los conceptos básicos requeridos en el área de transportes, para poder trabajar el trazo ya existente. Ello implica darle una solución técnica al problema, efectuándose todas aquellas actividades necesarias de las cuales se pueden mencionar: visitas preliminares, levantamiento topográfico, cálculo topográfico, diseño geométrico, del camino, movimiento de tierras y sus volúmenes, drenajes transversales y longitudinales, diseño de pavimento a nivel de afirmado, formulación de su presupuesto, programación de la Obra y elaboración de planos. Como logros podemos indicar que se ha obtenido la información para el expediente técnico del proyecto, el mismo que nos permitirá contar con el documento clave para buscar el financiamiento de la Obra. Es más, como conocedores del mal estado en el que se encuentra actualmente el camino vecinal empalme SM - 569 (Puente Yuracyacu) - Sector Limones, distrito de Moyobamba, y conscientes de nuestra responsabilidad como parte integrante de la Universidad Nacional de San Martín, estamos contribuyendo a solucionar esta problemática, planteando el mejoramiento de la mencionada vía de comunicación, con lo cual se estará beneficiando a las comunidades usuarias de dicha vía, remarcando que este proyecto es de vital importancia por ser una zona netamente agrícola y turística. De esta manera se contribuye al desarrollo económico y social de los caseríos vecinos, pues se incrementa el nivel de vida de su población, contribuyendo el desarrollo de nuestro país.

PALABRAS CLAVES: Subrasante, Afirmado, Carretera, Trocha, Mejoramiento.

El Autor.

ABSTRACT

The following investigation titled as "Definitive study of the neighbor road SM - 569 (Puente Yuracyacu) - Sector Limones, at the level of the affirmed district of Moyobamba - San Martin", was developed in order to solve the existing road problem in the rural sector from the province of Moyobamba, since the current situation of the local roads has problems of pass ability, generating that the costs of transporting products from the countryside to the city are high causing delays and discomfort in the displacement of the countryside to the city and vice versa, bearing in mind that the only way to sell their products is to take them to the city where they can find a demand in their markets, in the same way they make purchases of food products that comes from other regions, which is why they have participated in the formulation of the project in mention to achieve an affirmed neighborhood road.

Applying for it all the basic concepts required in the area of transport, to be able to work the existing track trace. This implies giving a technical solution to the problem, carrying out all those necessary activities of which we can mention: preliminary visits, topographic survey, topographic calculation, geometric design, road, earthworks and volumes, transversal and longitudinal drainages, design of pavement at the level of affirmed, formulation of its budget, building programming and preparation of building blueprints. As achievements, we can indicate that the information has been obtained for the technical file of the project, which will allow us to have the key document to find the financing of the Work. As it more, as connoisseurs of the bad state in which is currently the neighbor road SM - 569 (Puente Yuracyacu) - Sector Limones, district of Moyobamba, and aware of our responsibility as an integral part of the National University of San Martin, we are contributing to solve this problem, proposing the improvement of the aforementioned communication channel, which will benefit the user communities of this road, noting that this project is of vital importance because it is a purely agricultural and tourist area. In this way it contributes to the economic and social development of the neighboring villages, as the standard of living of its population increases, contributing to the development of our country.

KEYWORDS: Subgrade, Affirmed, Road, Trail, Improvement.

The author.



CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1.- Generalidades

En la región San Martín la problemática en sus vías de comunicación terrestre es similar o muy parecidas a la de otras Regiones por las condiciones accidentadas que conforman las ultimas estribaciones de la cordillera oriental de los andes, donde se pueden observar deficiencias en cuanto la concepción de los caminos vecinales que van desde, diseños geométricos erróneos, pésima o ausente señalización, desgaste profundo de las estructuras y obstáculos visuales en lugares críticos, a lo que se suma las limitaciones económicas de las entidades gubernamentales, que orientan la elaboración de proyectos donde se contemplan trabajos menores y de rehabilitación, en desmedro de estudios que se adecuan a las normas vigentes, siendo estas normas las que contribuyen a diseñar caminos con características de seguridad, comodidad, transitabilidad y eficiencia.

En el sector productivo , se cultivan productos alimenticios de pan llevar de los cuales se abastecen la localidad de Moyobamba y que son transportados por un camino vecinal que no ha tenido el debido mantenimiento exhibiendo actualmente un estado de transitabilidad limitado debido al desgaste de la plataforma de rodadura, la falta de obras de arte y sistemas de canalización de precipitaciones pluviales, que son en buena cuenta lo que por efectos de erosión y saturación conllevan al deterioro de la vía.

Esto es una razón que los pobladores de la zona encuentran restricciones para trasladar sus productos a los mercados de la provincia de Rioja y Moyobamba, las cuales se pueden observar en tiempos de fuertes precipitaciones (lluvias), lo cual genera el encarecimiento del transporte, ocasionando el deterioro de productos de pan llevar que no son transportados a tiempo o que en muchas veces se llegan a perder las cosechas por falta de obras de drenaje pluvial esto también imposibilitan el traslado de personas en caso de tener que atender emergencias médicas, por lo cual se hace necesario proponer su mejoramiento mediante la elaboración de un estudio técnico definitivo.

La función de estas vías es de singular importancia, pues estimulan el progreso de regiones aisladas y deprimidas económicamente, generalmente de buen potencial productivo que, por la carencia o deterioro de los caminos, permanecen inexplorados o con sistemas artesanales de explotación orientados básicamente a cubrir las necesidades de autoconsumo. La vialidad rural es un elemento de vital importancia para las economías de los Gobiernos Locales toda

vez que es un elemento de integración que contribuye al intercambio económico y por lo tanto a la mejora económica de la población, al ordenamiento territorial y en general al desarrollo económico .

Por ello, garantizar una adecuada transitabilidad de la red vial vecinal en las jurisdicciones de los Gobiernos Locales es un objetivo a alcanzar a fin de permitir la mejora de las economías. Ello implica la ejecución de las inversiones estrictamente necesarias, que solucionen verdaderos problemas de las vías, con las tecnologías y costos adecuados. El desarrollo de una nación depende en gran medida, de la extensión y el estado de su red vial. Los caminos y carreteras condicionan la capacidad y velocidad de movilización de personas y mercancías, aspectos que repercuten directamente en el progreso social, político y económico.

La importancia y servicios de las carreteras que demandan el país y la necesidad de adoptarlas a la creciente exigencia de cada uno de los pueblos al interior, motiva hacer estudios de construcción, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de carreteras, cuya finalidad es obtener carreteras en buen estado de transitabilidad en cualquier época del año.

1.2.- Exploración preliminar orientando la investigación

En la actualidad una de las razones del desarrollo del país está basado en la agricultura, razón por la cual la región San Martín no se encuentra ajena a esta actividad ya que uno de sus principales actividades es la agricultura en la producción de arroz, maíz, cacao, café y otros productos que vienen promoviendo el desarrollo de la económica en nuestra región en base a la cantidad y calidad de producción, para esto se debe garantizar un buen servicio de accesos mediante redes viales bien diseñadas de acorde a las normas técnicas.

Garantizando para ello la seguridad a los inversionistas privados a fin de facilitar las condiciones de invertir en todos los campos de la actividad económica.

En el departamento de San Martín, es necesario un plan de desarrollo de la red vial tanto en las carreteras de carácter nacional así como las carreteras del sistema departamental y vecinal; para que integren la unidad del país, de manera que los pueblos interconectados por la red vial, puedan satisfacer sus necesidades de consumo, además de elevar el nivel social, cultural y económico de sus habitantes.

En nuestra región se puede apreciar que aún existen distritos, centros poblados que no cuentan con sus carreteras y en el mejor de los casos si existen estas, en su mayor parte son

caminos vecinales que se encuentran en malas condiciones y que no cumplen con las condiciones mínimas para un eficiente servicio.

Teniendo presente la necesidad de mejorar el servicio de transporte en estas localidades de nuestra región se ha visto a bien elaborar el presente trabajo de tesis, denominado ESTUDIO DEFINITIVO DEL CAMINO VECINAL EMPALME SM – 569 (PUENTE YURACYACU) - SECTOR LIMONES, A NIVEL DE AFIRMADO DISTRITO DE MOYOBAMBA – SAN MARTIN.

1.3 Aspectos generales del estudio

1.3.1 Características generales

1.3.1.1 Ubicación geográfica del proyecto

El tramo en materia del presente estudio tiene una longitud total de 7.28 Km. y se desarrolla en la provincia de Moyobamba, en el distrito de Moyobamba, empezando en el Empalme SM – 569 (Puente Yuracyacu) hasta llegar al Sector Limones.

Aspecto Político

Localidades	: Sector Limones, Yuracyacu, Domingo Puesto; Valle la Conquista, Pueblo Libre
Distrito	: Moyobamba
Provincia	: Moyobamba
Región	: San Martín

Aspecto Cartográfico

<u>Punto Inicial</u>	: Empalme SM-569 (Puente Yuracyacu)
Altitud	: 1034.61 msnm
Coordenadas UTM Norte	: 9345169
Coordenadas UTM Este	: 254474.38
<u>Punto Final</u>	: Sector Limones
Altitud	: 1035.84.00 msnm
Coordenadas UTM Norte	: 9343145.49
Coordenadas UTM Este	: 259720.95

La zona de trabajo cuenta con una vía terrestre principal que es la Carretera Fernando Belaunde Terry, esta vía une a la provincia de Moyobamba por el Norte con las ciudades de Rioja, Bagua, Chiclayo (Carretera Panamericana Sur y Norte); y por el Sur con las ciudades de Tarapoto, Juanjuí, Tocache, Tingo María, Huánuco, etc. Cabe resaltar que esta vía desde Chiclayo hasta la ciudad de Tarapoto se encuentra asfaltada, con algunos tramos que se encuentran a nivel de afirmado mayormente en tramos críticos por el condicionamiento geológico.

En conclusión podemos afirmar que existen dos vías de acceso hasta la ciudad de Moyobamba:

- Lima-Chiclayo-Olmos-Bagua-Rioja-Moyobamba (1,497 Km.) utilizando la Carretera Panamericana Norte y luego la Carretera Fernando Belaunde Terry con una duración de 24 a 26 horas aproximadamente en ómnibus, a nivel de vía asfaltada.
- Lima – Huánuco - Tingo María – Juanjuí - Tarapoto-Moyobamba (1,083 Km.) utilizando la carretera Central y luego la Carretera Fernando Belaunde Terry con una duración de 22 a 24 horas aproximadamente, en ómnibus. No obstante la menor longitud, esta ruta se encuentra a nivel de afirmado entre el Ramal de Aspuzana (a unos 20 Km. de Tingo María) y Juanjuí, presentando tramos en muy mal estado, en particular el sub-tramo Aucayacu (a unos 45 Km. de Tingo María) - Juanjuí.

Para vía aérea, Moyobamba cuenta con un aeropuerto para pequeñas aeronaves de poca capacidad como avionetas. Pero existe, cercano, el aeropuerto de la ciudad de Rioja (a 11 Km.) que se usa también como vía principal de llegada de aeronaves de gran tonelaje. Sin embargo el acceso de mayor importancia se da a través de la ciudad de Tarapoto, a unos 120 Km. de la ciudad de Moyobamba.

El acceso a la zona de estudio o zona de proyecto se realiza de la siguiente manera: Partiendo desde la provincia de Moyobamba hasta la provincia de Rioja luego desde la carretera Fernando Belaunde Terry se toma un desvío hasta el distrito de Yuracyacu con rumbo al caserío La conquista (Puente Yuracyacu), avanzando por el Camino Vecinal SM-569 aproximadamente a 2.0 km de distancia, del distrito de Yuracyacu nos encontramos con el punto de inicio del tramo (km 0+000).

Gráfico 1: Mapa Político del Perú



Gráfico 2: Mapa Del Departamento De San Martín

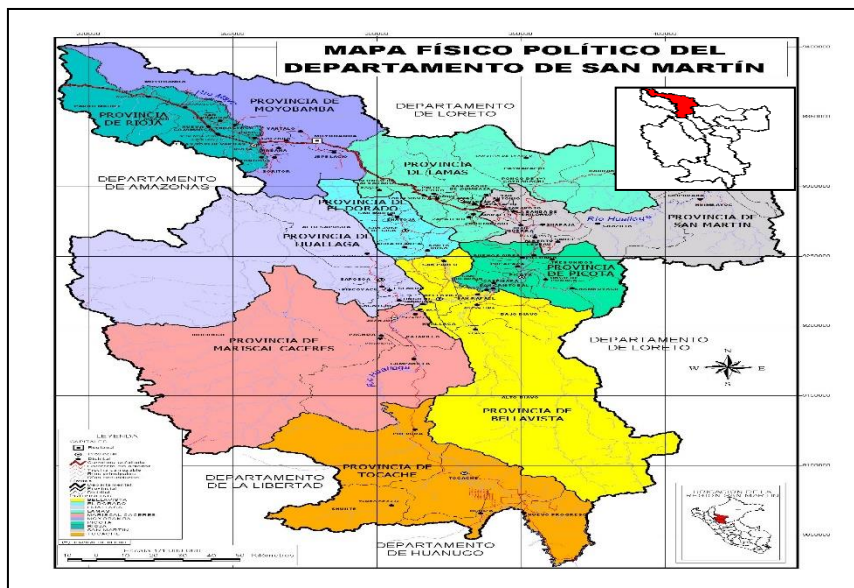


Grafico 3: Mapa de la Provincia de Moyobamba y sus Distritos

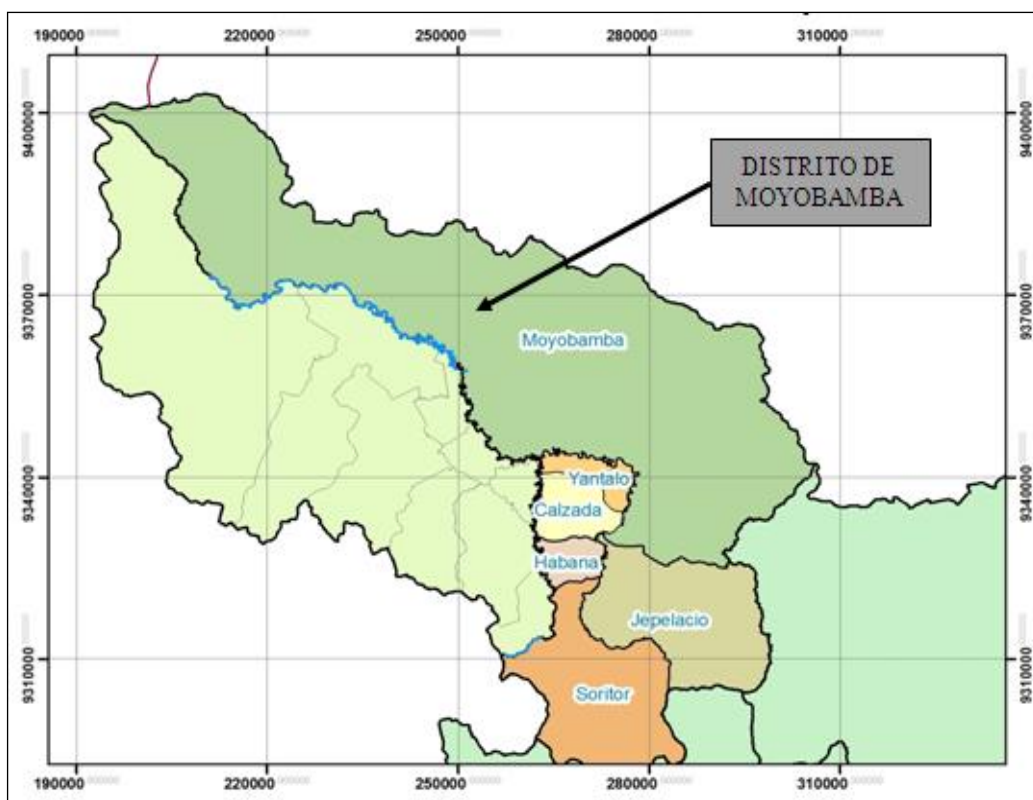
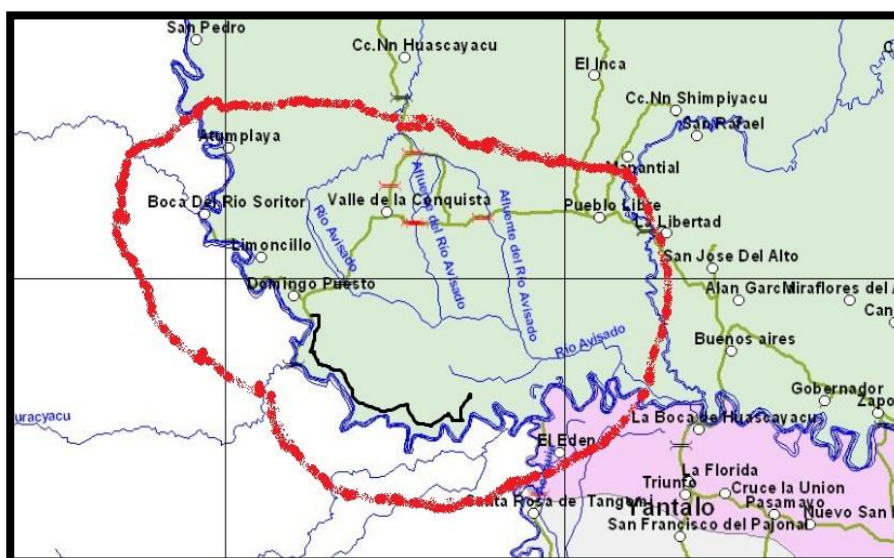


Gráfico 4: Ubicación del Proyecto



1.3.1.2 Situación actual.

En la actualidad la vía que une las localidades de Sector Limones, Yuracyacu, Valle la Conquista y Pueblo Libre, está constituida por un camino de herradura con varios tramos críticos, baches profundos, material saturado y tramos inundables por aguas provenientes de lluvias, lo cual hace necesario su pronto mantenimiento y la limpieza de las obras de arte

que permitan el normal curso del drenaje pluvial, asegurando la transitabilidad en cualquier época del año.

1.3.1.3 Vías de acceso.

La zona de trabajo cuenta con una vía terrestre principal que es la Carretera Fernando Belaunde Terry, esta vía une a la provincia de Moyobamba por el Norte con las ciudades de Rioja, Bagua, Chiclayo (Carretera Panamericana Sur y Norte); y por el Sur con las ciudades de Tarapoto, Juanjuí, Tocache, Tingo María, Huánuco, etc. Cabe resaltar que esta vía desde Chiclayo hasta la ciudad de Tarapoto se encuentra asfaltada, con algunos tramos que se encuentran a nivel de afirmado mayormente en tramos críticos por el condicionamiento geológico.

En conclusión podemos afirmar que existen dos vías de acceso hasta la ciudad de Moyobamba:

Lima – Chiclayo – Olmos – Bagua – Rioja - Moyobamba (1,497 Km.) utilizando la carretera Panamericana Norte y luego la Carretera Fernando Belaunde Terry con una duración de 24 a 26 horas aproximadamente en ómnibus, a nivel de vía asfaltada.

Lima – Huánuco - Tingo María – Juanjuí – Tarapoto - Moyobamba (1,083 Km.) utilizando la carretera Central y luego la Carretera Fernando Belaunde Terry con una duración de 22 a 24 horas aproximadamente, en ómnibus. No obstante, la ruta de menor longitud se encuentra a nivel de afirmado entre el Ramal de Aspuzana (a unos 20 Km. de Tingo María) y Juanjuí, presentando tramos en muy mal estado, en particular el sub-tramo Aucayacu (a unos 45 Km. de Tingo María) – Juanjuí.

Para vía aérea, Moyobamba cuenta con un aeropuerto para pequeñas aeronaves de poca capacidad como avionetas. Pero existe, cercano, el aeropuerto de la ciudad de Rioja (a 11 Km.) que se usa también como vía principal de llegada de aeronaves de gran tonelaje.

Sin embargo el acceso de mayor importancia se da a través de la ciudad de Tarapoto, a unos 120 Km. de la ciudad de Moyobamba.

1.3.1.4 Población beneficiada.

La población directamente beneficiada al censo del 2007 es de 5,838 habitantes, asentados en el área de influencia del proyecto de la Localidad de Yuracyacu, Sector Limones y los Caseríos Domingo Puesto y Pueblo libre; incrementándose la misma con el aporte de los centros poblados que pertenecen al área de influencia y que utilizan la vía como único medio de comunicación y acceso a los mercados. Esta población ha sido proyectada al año 2013

según proyecciones del INEI (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática) en base a la información correspondiente al banco de información distrital, distribuyéndose de la siguiente manera:

Tabla 1:
Población actual total proyectada

DESCRIPCION	N° de Personas	
Poblacion al 2007 (Háb.)	Pi	5,838
Tasa de Crecimiento Anual (*)	Tc	2.60%
Periodo de Calculo (Año)	n	6
Poblacion Proyectada al 2013 (Háb.) $Pf = Pix(Tc+1)^n$		6,809

Fuente: INEI/Elaboración propia

(*)Según el último censo del 2007 a nivel de todo el departamento de San Martín

Por lo tanto la POBLACION DIRECTA BENEFICIADA, al año de ejecución del Estudio Definitivo es de 6.809 habitantes.

1.3.1.5 Características socio económicas

El material con el cual están construidas las viviendas de la población perteneciente a la zona de influencia del proyecto, se conforman en su mayoría por viviendas de madera, quincha y caña en un 70%, viviendas de adobe con techo de calamina en un 20% y un 10% con viviendas de material noble.

En cuanto a los servicios básicos de agua, desagüe, electricidad y telefonía con que cuentan estos caseríos se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 2:
Características socioeconómicas de la población beneficiaria

CENTRO POBLADO Y CASERIOS	TIPO DE SERVICIO			
	Agua	Desague Letrinas	Electrificacion	Telefonia
Sector Limones	NO	NO	NO	NO
Domingo Puesto	SI	SI	SI	SI
Pueblo Libre	SI	SI	SI	SI
Yuracyacu	SI	SI	SI	SI
% de Caserios que si cuentan con el servicio	50%	40%	70%	40%

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a salud, Pueblo Libre cuentan con una Posta Médica, y Yuracyacu cuenta con un centro de salud MINSA, los cuales brindan atención diaria y donde la población tiene que recurrir para ser atendidos, y en casos de emergencia son atendidos en el distrito de Moyobamba y/o Rioja, para luego ser trasladados a establecimientos de salud de mayor rango.

La principal actividad económica de las localidades beneficiarias es la producción agrícola. Cuya producción está destinada a la comercialización y al autoconsumo. La producción agropecuaria actual está orientada a la explotación de grandes extensiones de cultivos transitorios y permanentes, teniendo como recurso fundamental para su producción al recurso suelo. Dentro de los principales cultivos que tiene la zona podemos destacar al arroz, al café y el plátano, y en menores cantidades maíz, yuca, cacao, papaya, piña, menestras, camote, zanahoria, verduras, papa, tomates, bitucas, maní y otros; También podemos mencionar que el cultivo con gran demanda es el de pastos, el cual es estacionario y utilizado sólo para ganado vacuno. Otra actividad de importancia es la ganadería, realizada en casi todos los caseríos del área de influencia del proyecto.

1.3.1.6 Características físicas

Los rasgos geomorfológicos están estrechamente controlados por las estructuras resultantes de los procesos tectónicos recientes y el tipo de litología. Así como los eventos más recientes que son los que han dado la geomorfología actual.

Debido a su forma de deposición, el tramo para el Proyecto Mejoramiento del Camino Vecinal EMP. SM – 569 (Puente Yuracyacu) – Sector Limones, la expresión del relieve es de colinas inclinadas con laderas uniformes, topografía accidentada, que corresponden a todo la zona hasta la finalización del tramo, como consecuencia de rellenos aluviales, se observan terrazas aluviales, las cuales se caracterizan por presentar una topografía de terrenos accidentados con pendientes

1.3.1.7 Climatología

La Zona del Proyecto, posee un Clima Tropical, permanentemente Húmedo, Cálido, que abarca toda la extensión del valle de dicho distrito.

La Temperatura Promedio Máxima es de 30° C. y la Promedio Mínima es de 25° C. Las Precipitaciones superan los 1,200 mm. En el Valle de este Distrito se encuentran gran cantidad de plantas cultivables y útiles; como también una gran variedad de maderas que necesitan un alto porcentaje de calor y humedad.

Una característica fundamental del Alto Mayo es el exceso de humedad, que da lugar a escorrentía durante todo el año, bajo la forma de arroyuelos, riachuelos y ríos de regímenes continuos. De esta manera, la escorrentía hídrica constituye el principal factor para el potencial desarrollo de la actividad agropecuaria de la zona

1.3.1.8 Justificación

Actualmente los pobladores de la zona del proyecto requieren de una carretera que les permita una transitabilidad continua de sus productos y ellos mismos, que permitan la intercomunicación entre otros caseríos como también el acceder a mercados locales cercanos como Yuracyacu, Nueva Cajamarca en donde puedan vender su producción agrícola y pecuaria. Por lo tanto es de vital importancia este proyecto porque ayudará a dinamizar la actividad productiva del sector, llevando los productos a los grandes mercados de manera eficiente y oportuna.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes, planteamiento del problema, delimitación, formulación del problema a resolver.

2.1.1 Antecedentes del problema.

Las vías de comunicación terrestre son requisitos indispensables para la realización de las principales actividades humanas y para el desarrollo de los pueblos.

En la Región de San Martín, como en todas las regiones de nuestro territorio, uno de los grandes problemas que atrasa el desarrollo integral, es entre otros, principalmente la falta y la intransitabilidad de las vías de comunicación, lo que impide el desarrollo de los pueblos.

La construcción de la infraestructura vial energética que se viene implementando en la provincia de Rioja, permitirá generar mejores ventajas competitivas y la articulación física del espacio regional al interior, como en su relación con el resto del país. Sin embargo es necesario tener presente que la unificación y construcción del espacio regional no solo depende de la infraestructura, sino de la mayor o menor participación de los diversos espacios amazónicos en las redes económicas e institucionales a nivel nacional.

Del análisis de la información cartográfica y del reconocimiento del terreno efectuado, se infiere que el alineamiento propuesto para la carretera es el más conveniente desde el punto de vista social y agropecuarios, se ha comprobado también que el mejoramiento de la carretera cumple con los requisitos establecidos en las Normas Peruanas de Carreteras para la buena práctica de Ingeniería Vial.

Para este tipo de vía (Sistema Vecinal), no son aplicables para el Manual de Diseño Geométrico de carreteras – DG 2001, por lo que se optó tomar en consideración la NPDC emitida por el MTC y las Normas Vecinal, que se tiene como único elemento de consulta para el diseño respectivo.

El Gobierno a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – PROVIAS Descentralizado, con financiamiento del BIF y el BID se ha fijado metas concretas; para ello ha instalado políticas institucionales, una de ellas consiste incrementar la inversión prioritaria en el Mantenimiento Periódico de la infraestructura rural de transporte que haga posible la reactivación económica del país considerando que el medio más eficaz para la integración y consolidación de espacios económicos y la consiguiente irradiación de efectos

sobre las áreas de influencia inmediata, los constituyen los ejes de desarrollo ligados fundamentales por una infraestructura principal de accesibilidad a los centros de producción. Los ejes de desarrollo constituirán con sus áreas de influencia, espacios territoriales sujetos a tratamiento, definidos por vinculaciones físicas y económicas de intercambio, con influencia y dinámica expansiva sobre espacios mayores.

En los últimos años, las condiciones sociales, la producción general y particularmente en las zonas rurales se han visto afectadas por el deterioro de los accesos a las zonas productoras y poblaciones rurales, que dependen fundamentalmente de las carreteras y caminos vecinales del ámbito rural; pues por efecto multiplicador va deteriorando la calidad de vida de estas, con el alza incontrolable de tarifas, fletes y pérdidas considerables de la producción agropecuaria.

2.1.2 Planteamiento del problema.

El tramo de carretera existente entre el sector de Sector Limones, Yuracyacu, Domingo Puesto y Pueblo Libre presenta en la actualidad problemas de deslizamiento en las zonas que existe deforestación sobre la plataforma de rodadura, esto debido a la estratigrafía del suelo, la cual tiene fallas geológicas debido a que la napa freática humedece constantemente el terreno de fundación lo cual permite la socavación del suelo, razón por la cual siempre tiende a deslizarse, además por el mal estado que se encuentra dicha vía solamente es transitable en época de verano, no permitiendo sacar sus productos a los mercados regionales y nacionales.

2.1.3 Delimitación del problema

El presente Proyecto se delimita al camino vecinal Sector Limones, Yuracyacu, Domingo Puesto y Pueblo Libre y a la franja de servicio que ella cubre.

2.1.4 Formulación del problema

Los pobladores de las localidades de Sector Limones, Yuracyacu, Domingo Puesto y Pueblo Libre , Provincia de Rioja, tienen la necesidad de contar con una vía de acceso rápida, que pueda integrarse con la Marginal Sur, y por ende con los principales mercados para comercializar sus productos y elevar cuantitativamente el comercio y el movimiento económico de la zona en estudio.

De manera que es necesario responder la siguiente interrogante: **¿Es factible mejorar las condiciones socio económicas de la población del Sector Limones, Yuracyacu, Domingo Puesto y Pueblo Libre?**

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

Elaborar el Estudio Definitivo del Mejoramiento de Camino Vecinal Sector Limones, Yuracyacu, Domingo Puesto y Pueblo Libre que permita el desarrollo socio - económico y cultural de las comunidades que se encuentran en el área de influencia del proyecto.

2.2.2 Objetivos específicos

Elaborar el estudio Socio - Económico y cultural de las Comunidades que se encuentran en el Área de influencia del Proyecto.

Elaborar los estudios de ingeniería.

Efectuar los estudios de impacto ambiental.

Determinar el costo total del proyecto.

2.3 Justificación de la investigación

Este proyecto surge como repuesta a un problema de adecuada transitabilidad de vehículos y pasajeros, el deterioro del camino que ocasiona en el poblador rural, en su condición de agricultor, dificultades para el traslado de sus productos, prolongado tiempo de traslado y elevado costo, colocando al agricultor en una situación desventajosa, ya que los precios de sus productos no compensan el incremento de los costos, lo que ocasiona un bajo nivel de vida de los pobladores.

La actual vía se encuentra a nivel de camino de herradura, siendo su superficie de circulación de terreno natural y en ciertos tramos de material granular con finos de alta plasticidad, que al menor contacto con el agua de las precipitaciones se convierte en lodazales y fango, asimismo en épocas de lluvias (meses de Enero a Marzo) las quebradas se activan, ocasionando interrupciones en la vía debido a la carencia del funcionamiento adecuado de las obras de arte y drenaje. El Camino existente presenta una topografía plana a ondulada a lo largo de toda su trayectoria, la misma que presenta superficie deteriorada, con baches y bolonería, lo cual genera intransitabilidad, siendo difícil el acceso a los mercados de consumo y su integración local, regional y nacional. El Deterioro del este camino es cada vez mayor por las continuas lluvias, ya que el tramo de 7.825 Km presenta deterioro y pérdida de superficie, desgaste del camino, baches y bolonería, bordes cubiertas

con maleza reduciendo y modificando el ancho del mismo en promedio, constituyéndose tramo intransitable.

Debido a las partidas y actividades consideradas dentro del proyecto, se realizara movilización de maquinaria que se alquilara para cumplir con las metas de este proyecto de Apertura de trocha Carrozable.

Otra justificación de la presente Investigación se encuentra justificada por lo siguiente:

Bien sabemos que el transporte es una de las principales actividades que integra a los pueblos y logra el desarrollo Socio - Económico cumpliendo principalmente los siguientes roles:

Apoyo al Proceso Productivo.- Integrando los centros de producción con las principales mercado de abastos, posibilitando la comercialización interna y externa.

Servicios a la Población.- Facilitando a las personas su acceso a los servicios sociales culturales y Centros de Comercialización.

Integración Interna.- Interconectando los diferentes espacios socio - económicos en base al establecimiento de la infraestructura vial de manera de incorporar zonas de fronteras económicas insuficientemente desarrolladas a la economía nacional.

2.4 Delimitación de la investigación.

Limitaciones

Para el desarrollo no se ha tenido ninguna limitación toda vez que se podido conseguir todos los datos de campos suficientes para la elaboración del estudio definitivo.

2.5 Marco teórico

2.5.1 Antecedentes de la investigación

Morales Sosa, Hugo Andrea, publica su libro denominado: *“Ingeniería Vial I”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues da detalles del trazado y la topografía en carretas.*

Cárdenas Grisales, James, publica su libro denominado: *“Diseño Geométrico de Carreteras”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues da recomendaciones sobre el reconocimiento preliminar de la zona en estudio y detalla los cálculos de para el diseño geométrico de los elementos que conforman una carretera.*

Céspedes Abanto, José, publica su libro denominado: *“Carreteras, Diseño Moderno”*, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues da detalles de los estudios definitivos en carreteras.

Morales U, Walter, publica su libro denominado: *“Infraestructura de riego”*, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues especifica los criterios de diseño de obras de arte tales como cunetas y obras de cruce (Alcantarillas).

Ibáñez Walter, publica su libro denominado: *“Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales”*, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues detalla en cuanto a especificadores técnicas, rendimientos, para presupuestos de obras viales.

2.5.2 Marco teórico y conceptual

Para poder comprender a cabalidad los alcances de la tesis, nos permitimos realizar una revisión de literatura:

2.5.2.1 Estudio de tráfico

[CAJ01], refiere que la carretera se diseña para un volumen de tránsito que se determina por la demanda diaria que cubrirá, calculado como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinada por el MTC para las diversas zonas del país. Para el presente estudio de tráfico, fue necesario efectuar un análisis detallado del comportamiento del tráfico a lo largo de la vía en estudio.

[MTC01], Para la determinación del Volumen Medio Anual (IMD), se aplica la metodología indicada a continuación:

$$\text{IMD} = (\text{VDL} + \text{VS} + \text{VD})/7 \times \text{Fc}$$

Donde:

VDL = Volumen promedio días laborales

VS = Volumen día Sábado

VD = Volumen día Domingo

Fc = Factor de Corrección al mes para Tarapoto es de VL=1.05; VP=1.09

(Fuente: Oficina de Desarrollo Vial M.T.C.)

La aplicación del Factor de Corrección (FC), tiene por objeto eliminar el factor de estacionalidad que afecta los movimientos de carga y pasajeros. El factor de estacionalidad depende de una diversidad de factores exógenos como son: las épocas de vacaciones para el

caso de movimientos de pasajeros; las épocas de cosecha y los factores climáticos para el transporte de productos agropecuarios; la época navideña para la demanda de todo tipo de bienes.

2.5.2.2 Mejoramiento de caminos vecinales

[MTC01], Conceptualiza al mejoramiento de Caminos Vecinales, al conjunto de mejoras de la geometría horizontal y vertical del camino, el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal para incrementar la capacidad de la vía, la seguridad de los vehículos y la velocidad de circulación. También la ampliación de la calzada, la elevación del estándar del tipo de superficie y la construcción de estructuras como alcantarillas grandes, puentes o intersecciones.

2.5.2.3 Clasificación y diseño vial

[MTC01], el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2001) elaboró el manual de Diseño geométrico de Carreteras DG-2001 que es la norma que regula las actividades de intervención vial en el Perú. La misma que clasifica la red vial nacional según el siguiente detalle.

✓ Por su Función

Sistema Nacional.- Que corresponde a la red de carreteras de interés Nacional y que une los puntos principales de la Nación con sus Puertos y Fronteras.

Sistema Departamental.- Compuesto Por aquellas carreteras que constituyen la red vial circunscripta a la zona de un Departamento.

Sistema Vecinal.- Esta conformado por aquellas carreteras de carácter local y que une las aldeas y pequeñas Poblaciones entre sí.

✓ Por el Nivel de Trafico

Carreteras Duales.- Para IMD mayor de 4,000 Veh./día, consisten en carreteras de calzadas separadas.

Carreteras de 1° Clase.- Para IMD comprendido entre 2,000 y 4,000 Veh/día.

Carreteras de 2° Clase.- Para IMD comprendido entre 400 y 2,000 Veh/día.

Carreteras de 3° Clase.- Para IMD hasta 400 Veh./día.

Trocha Carrozable.- No identifica IMD, constituye una clasificación aparte, pudiéndosele definir como aquellos caminos a los que les falta requisitos para poder ser clasificados en tercera clase.

✓ **Por el Tipo de Relieve y Clima**

Las carreteras según la orografía y configuración topográfica del terreno se encuentran ubicados en terrenos planos, ondulados, accidentados y muy accidentados.

Se Ubican indistintamente en zonas en donde la consideración principal es la precipitación pluvial. En la costa (poca lluvia), sierra (lluvia moderada) y selva (muy lluviosa).

COMENTARIO: Por lo expuesto anteriormente, el proyecto del Camino Vecinal Sector Limones, Yuracyacu, Domingo Puesto y Pueblo Libre, se clasifica según su función dentro de un SISTEMA VECINAL, donde su nivel de trafico corresponde al de TROCHA CARROZABLE, ubicándose en un sector donde la topografía es ondulada y por estar en la región selva es considerada de pluviosidad alta.

Teniendo ya clasificada la vía en estudio podemos iniciar el proceso de diseño teniendo consideraciones básicas previas.

2.5.2.4 Parámetros y elementos básicos de diseño

[MTC05], define que el diseño de una carretera responde a una necesidad justificada social y económicamente. Ambos conceptos se correlacionan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener la carretera que se proyecta a fin de que los resultados buscados sean óptimos, en beneficio de la comunidad que requiere del servicio, normalmente en situación de limitaciones muy estrechas de recursos locales y nacionales. Para alcanzar el objetivo buscado deben evaluarse y seleccionarse los siguientes parámetros que definirán las características del proyecto. Según se explica a continuación en el siguiente orden.

2.5.2.4.1 Velocidad de diseño

[MTC05]La selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico-económico de alternativas de trazado que deberán tener en cuenta la orografía del territorio. En territorios planos, el trazado puede aceptar altas velocidades a bajo costo de construcción, pero en territorios muy accidentados será muy costoso mantener una velocidad alta de diseño, porque habría que realizar obras muy costosas para mantener un trazo seguro. Ello solo podría justificarse si los volúmenes de la demanda de tránsito fueran muy altos.

Gráfico 5: Clasificación de la red vial nacional y su relación con la velocidad de diseño

CLASIFICACIÓN	SUPERIOR				PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE			
TRAFICO VEH/DIA (1)	> 4000				4000 - 2001				2000-400				< 400			
CARACTERÍSTICAS	AP (2)		MC		DC				DC				DC			
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO:																
30 KPH																
40 KPH																
50 KPH																
60 KPH																
70 KPH																
80 KPH																
90 KPH																
100 KPH																
110 KPH																
120 KPH																
130 KPH																
140 KPH																
150 KPH																

AP : Autopista
 MC : Carretera Multicarril O Dual (Dos calzadas)
 MD : Carretera de Dos Carriles

NOTA 1: En zona tipo 3 y/o 4, donde exista espacio autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden suficiente y se justifique por demanda la construcción de una superior inmediato.
 autopista, puede realizarse con calzadas a diferente nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de dicha clasificación.

NOTA 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de la 1ra. Clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de ésta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía dual y se desea diseñar una

NOTA 3: Los casos no contemplados en la presente clasificación, las serán justificados de acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha entidad.

Fuente: MDCNPBVT-MTC

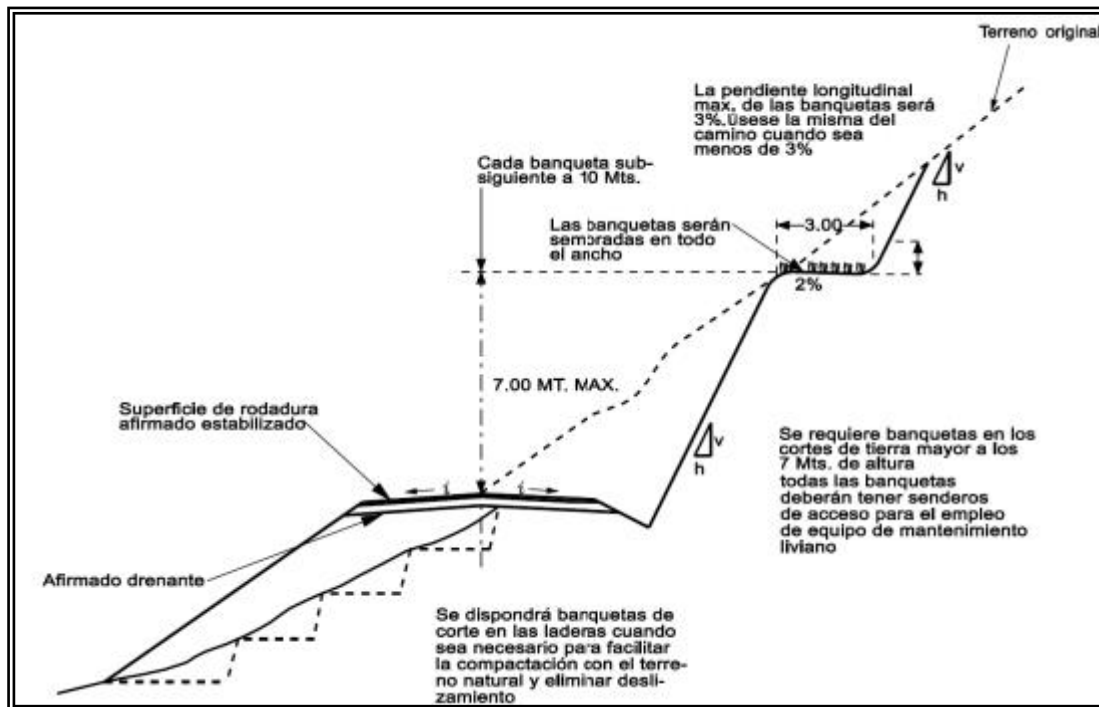
La Sección. Los caminos vecinales en su conjunto son diseñados con una velocidad directriz menor a 30KPH por las limitaciones en su geometría.

2.5.2.4.2 Sección transversal de diseño.

[MTC05], Las dimensiones que debe tener la sección transversal de la carretera, en secciones rectas (tangente) y en los diversos tramos a lo largo de la carretera proyectada serán definidas en función de la relación costo beneficio del proyecto y a las posibilidades de financiamiento existentes.

Se tendrá en cuenta que las carreteras de bajo volumen de tránsito, solo requerirán para las carreteras de menor volumen, un solo carril de circulación, con plazoletas de cruce y/o de volteo cada cierta distancia además de la calzada se prevé un espacio lateral a cada lado para bermas y para la ubicación de señalización y cunetas de drenaje.

Gráfico 6: Sección típica en corte y relleno



Fuente: MDCNPBVT-MTC

El gráfico muestra las consideraciones técnicas que se deben tener en cuenta en el proceso constructivo de la sección transversal de la vía.

2.5.2.4.3 Curvas horizontales

[MTC05] El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción, para una velocidad directriz determinada. En la Tabla 3 se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz.

En el alineamiento horizontal de un tramo carretero diseñado para una velocidad directriz un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo. En general deberá tratarse de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

Tabla 3:
Valores de radios mínimos y peraltes máximos

Velocidad Directriz km/h	Peralte Máximo e (%)	Valor Límite de fricción f_{max} .	Calculado Radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
70	4.0	0.14	214.2	215
80	4.0	0.14	279.8	280

Fuente: MDCNPBVT - MTC

2.5.2.4.4 Pendiente

[MTC05], En los tramos en corte se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%. En general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados en el Cuadro siguiente.

Tabla 4:
Pendientes Maximias

Orografía Tipo	Terreno Plano	Terreno ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad de Diseño				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7

Fuente: MDCNPBVT - MTC

Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados, en las condiciones más desfavorables de la superficie de rodadura.

2.5.2.4.5 Tipo de superficie de rodadura

[MTC05], Es importante indicar que los criterios más importantes a fin de seleccionar la superficie de rodadura para una carretera afirmada la establece el volumen de tránsito y tipo

de vehículos que circulan de la vía donde se utilizaran materiales locales para abaratar la obra.

Grafico 7: Características de la carpeta de rodadura para caminos de bajo volumen de tránsito

CARRETERA DE BVT	IMD PROYECTADO	ANCHO DE CALZADA (M)	ESTRUCTURAS Y SUPERFICIE DE RODADURA ALTERNATIVAS (**)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16-50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.
 (**) En caso de no disponer gravas en distancia cercana las carreteras puede ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

Fuente: MDCNPBVT-MTC

En el caso del objeto de estudio se tiene en cuenta la clasificación T0 menor de 15 vehículos por día y considera un afirmado con material granular zarandeado perfilado y compactado según lo estipula el Manual de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de tránsito.

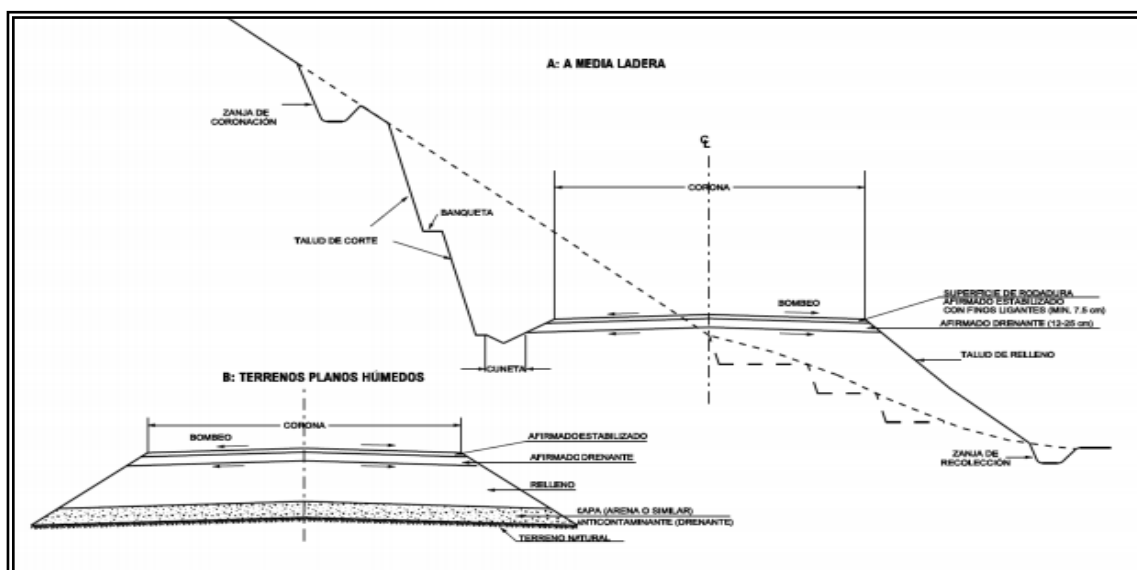
2.5.2.5 Hidrología y drenaje

[CAJ01], refiere que el drenaje superficial tiene como finalidad alejar las aguas de la carretera para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad. Por lo cual un adecuado drenaje es esencial para evitar la destrucción total o parcial de una carretera y reducir los impactos indeseables al ambiente debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de éste.

El drenaje superficial comprende:

- La recolección de las aguas procedentes de la plataforma y sus taludes.
- La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera.

Gráfico 8: Sección típica de drenaje superficial



Fuente: MDCNPBVT-MTC

Las obras de drenaje superficial mostradas en la sección garantizan la evacuación de las aguas de lluvia lo que garantiza la integridad de la vía ya que los caminos colapsan por obviar estas consideraciones.

2.5.2.6 Hidrología y cálculos hidráulicos

[MTC05], Las dimensiones de los elementos del drenaje superficial serán establecidas mediante métodos teóricos conocidos de acuerdo a las características del clima de la zona por la que pasa la carretera y tomando en cuenta la información pluviométrica disponible.

El método de estimación de los caudales asociados a un período de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca tributaria. Por su naturaleza representan casos especiales la presencia de lagos, embalses y zonas inundables que retengan o desvíen la escorrentía.

Cuando las cuencas son pequeñas se considera apropiado el método de la fórmula racional para la determinación de los caudales. Se consideran cuencas pequeñas a aquellas en que el tiempo de concentración es igual o menor a 6 horas. El tiempo de recorrido del flujo en el sistema de cauces de una cuenca, o tiempo de concentración relacionado con la intensidad media de precipitación se puede deducir por la fórmula:

$$T = 0.3 (L/J^{1/4})^{3/4}$$

Siendo:

T = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud del cauce principal en km.

J = Pendiente media

2.5.2.6.1 Cálculo del caudal de diseño

[MTC05], El caudal de diseño en el que desagüe una cuenca pequeña o superficie se obtendrá mediante la fórmula racional:

$$Q = C I A / 3.6$$

Donde:

Q = Caudal m³/seg. (Para cuencas pequeñas) en la sección en estudio

I = Intensidad de la precipitación pluvial máxima, previsible, correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración y a un periodo de retorno dado, en mm/h

A = Área de la cuenca en km²

C = Coeficiente de Escorrentía

2.5.2.6.2 Cunetas

[MTC05], Las cunetas tendrán en general sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte.

Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas, siendo las dimensiones mínimas aquellas indicadas en la Tabla 5. El ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante el fondo o vértice de la cuneta.

Tabla 5:
Dimensiones mínimas en cunetas

Región	Profundidad (m)	Ancho (m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy Lluviosa	0.50	1.00

Fuente: MDCNPBVT - MTC

El desagüe del agua de las cunetas se efectuará por medio de alcantarillas de alivio.

2.5.2.6.3 Alcantarillas

[MTC05], El tipo de alcantarilla deberá de ser elegido en cada caso teniendo en cuenta el caudal a eliminarse, la naturaleza y la pendiente del cauce; y el costo en relación con la disponibilidad de los materiales. La cantidad y la ubicación serán fijadas en forma de

garantizar el drenaje, evitando la acumulación excesiva de aguas. Además, en los puntos bajos del perfil debe proyectarse una alcantarilla de alivio, salvo solución alternativa.

La distancia entre alcantarilla y su capacidad hidráulica será establecida de manera de evitar que las cunetas sobrepasen su tirante previsto de agua teniendo en cuenta las precipitaciones previstas de la zona y a las dimensiones de la cuneta. En zonas lluviosas donde las cunetas sean revestidas, deberá colocarse como mínimo una alcantarilla de alivio cada 150 m. Si las cunetas no se revisten las máximas distancias recomendables entre alcantarillas son las que se muestran en el Cuadro.

Tabla 6:
Distancia máxima recomendable entre alcantarillas

Pendiente del camino %	Suelos no Erosionables o poco Erosionables	suelos Erosionables
0-3	120	75
4-6	90	50
7-9	75	40
10-12	60	35

Suelo poco Erosionable = Suelo pedregoso, grava y algunas arcillas
Suelos Erosionables = Suelos finos, Limos y Arenas

Fuente: MDCNPBVT - MTC

Se requiere además que en los puntos bajos del perfil de las curvas vertical cóncava, deberá colocarse una alcantarilla.

Dimensiones mínimas.

[MTC05], La dimensión mínima interna de las alcantarillas deberá ser la que permite su limpieza y conservación. Para el caso de las alcantarillas de paso es deseable que la dimensión mínima de la alcantarilla sea por lo menos 1.00 m, para las alcantarillas de alivio pueden ser aceptables diámetros no menores a 0.40 m., pero lo más común es usar un diámetro mínimo de 0.60 m en el caso de tubos y ancho, alto 0.60 m en el caso rectangular.

2.5.2.7.- Suelos y geotecnia

[PRARAU95], refiere que con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios ó calicatas de 1.5 m de profundidad mínima (respecto del nivel de

Subrasante del proyecto; con un mínimo de 3 calicatas por kilómetro, ubicadas longitudinalmente a distancias aproximadamente iguales y en forma alternada (izquierda-derecha) dentro de una faja de hasta 5m a ambos lados del eje del trazo, preferentemente al borde de la futura calzada.

Las Canteras serán evaluadas y seleccionadas por su calidad y cantidad (potencia), así como por su menor distancia a la obra. Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas, de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio.

[MTC05], Los caminos de bajo volumen de tránsito, se estructuran como caminos de bajo costo. Consecuentemente tienen alineamientos de diseño que evitan excesivos movimientos de tierra; considerando estructuras y obras de arte, por lo general diseñadas para periodos de vida útil, de corto y mediano plazo; con capas de revestimiento granular afirmados y en general, con características que disturban lo menos posible la naturaleza del terreno.

[MTC05], Los estudios de geología incluirán un diagnóstico que comprenda consultas a los pobladores, a la autoridad vial competente y a su personal técnico, asimismo un reconocimiento e inspección de campo siguiendo el trazo probable del eje del camino, para detectar o certificar la presencia o total ausencia de problemas geológicos activos en la ruta y/o en el tramo vial materia de estudio, que pudieran en algún caso afectar en algo las características del proyecto. Como problemas de inestabilidad de taludes, fallas localizadas por las que se filtra el agua de lluvias hacia el subsuelo, presencia de afloramientos de aguas subterráneas, erosiones por acción de los ríos, inclinación de los árboles en las laderas, zonas de caídas de rocas sobre el camino existente, el sentido de las formaciones rocosas que podrían desestabilizarse y otros problemas de naturaleza geodinámica que ocasionen fallas en la plataforma y taludes del camino.

2.5.2.8 Subrasante

[MTC05], La subrasante es la capa superficial, de terreno natural. Para construcción de caminos se analizará hasta 0.45 m de espesor, y para rehabilitación los últimos 0.20 m. Su 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 del afirmado, que se colocará encima. Se identificarán cinco categorías de subrasante:

S0 : SUBRASANTE MUY POBRE	CBR < 3%
S1 : SUBRASANTE POBRE	CBR = 3% - 5%

S2 : SUBRASANTE REGULAR	CBR = 6 - 10%
S3 : SUBRASANTE BUENA	CBR = 11 - 19%
S4 : SUBRASANTE MUY BUENA	CBR > 20%

2.5.2.9 Diseño de pavimento

[MTC05], En el funcionamiento estructural de las capas de revestimiento granular influye el tipo de suelo de la subrasante, el número total de los vehículos pesados por día o durante el periodo de diseño, incluido las cargas por eje y la presión de los neumáticos. La demanda, medida en EE o por vehículos pesados, es particularmente importante para ciertos tipos de caminos de bajo volumen pero que, pudieran tener alto porcentaje de vehículos pesados, como los que se construyen para propósitos especiales como el minero y forestal (extracción de madera).

2.5.2.10 Carpeta de rodadura

[MTC05], Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 2.5 tn. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tienen en cuenta en su cálculo. El tráfico proyectado al año horizonte, se clasificará según lo siguiente:

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 t, se usará las siguientes expresiones por tipo de vehículo pesado, el resultado final será la sumatoria de los tipos de vehículos pesados considerados:

$$\text{Nrep de EE 8.2t} = \sum [\text{EE}_{\text{día-carril}} \times 365 \times (1+t)^{n-1}] / (t)$$

$$\text{EE}_{\text{día-carril}} = \text{EE} \times \text{Factor Direccional} \times \text{Factor Carril}$$

$$\text{EE} = \text{N}^{\circ} \text{ de vehículos según tipo} \times \text{Factor de carga} \times \text{Factor de Presión de llantas}$$

Donde:

Nrep de EE 8.2t = Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2t

EE_{día-carril} = Ejes Equivalentes por día para el carril de diseño

365 = Número de días del año

T = tasa de proyección del tráfico, en centésimas

EE = Ejes Equivalentes

Factor Direccional = 0.5, corresponde a caminos de dos direcciones por calzada

Factor Carril = 1, corresponde a un carril por dirección o sentido

Factor de Presión de llantas = 1, este valor se estima para los CBVT y con capa de revestimiento granular.

Tabla 7:
Ejes equivalentes según periodo de diseño

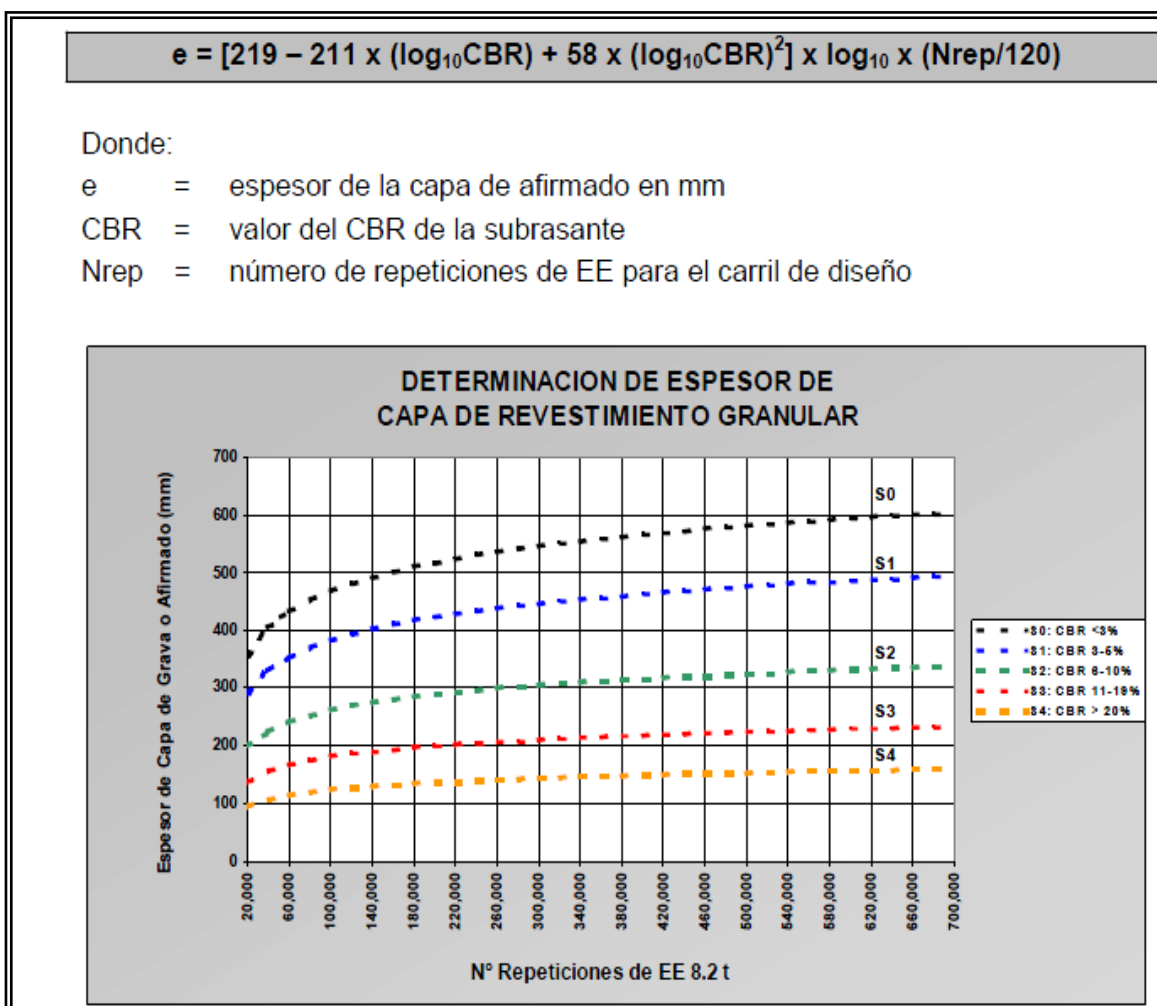
IMDa (total ambos sentidos)	Veh. Pesados (carril de diseño)	5 Años (carril de diseño)		10 Años (carril de diseño)	
		N° repeticiones EE 8.2 tn	N° repeticiones EE 8.2 tn	N° repeticiones EE 8.2 tn	N° repeticiones EE 8.2 tn
10	3	13,565	1.36E+04	15,725	1.57E+04
20	6	27,130	2.71E+04	31,451	3.15E+04
30	9	40,695	4.07E+04	47,176	4.72E+04
40	12	56,197	5.62E+04	65,148	6.51E+04
50	15	67,824	6.78E+04	78,627	7.86E+04

Fuente: MDCNPBVT-MTC

[MTC05], Se considerarán como materiales aptos para la coronación de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor se procederá a eliminar esa capa de material inadecuado y se colocará un material granular con CBR mayor a 6%; para su estabilización. La profundidad mínima especificada de esta capa figura en el catálogo de estructuras de capas granulares. Igualmente se estabilizarán las zonas húmedas locales y áreas blandas sobre la subrasante natural se colocará una capa de arena de espesor 20 cm mínimo y sobre ella, se añadirá una capa de espesor mínimo de 0.30m de material grueso rocoso o de piedras grandes como anticontaminante.

[MTC05], Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado, se adoptó como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities (hoy AUSTRROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en Número de Repeticiones de EE:

Gráfico 9: Determinación del espesor de revestimiento

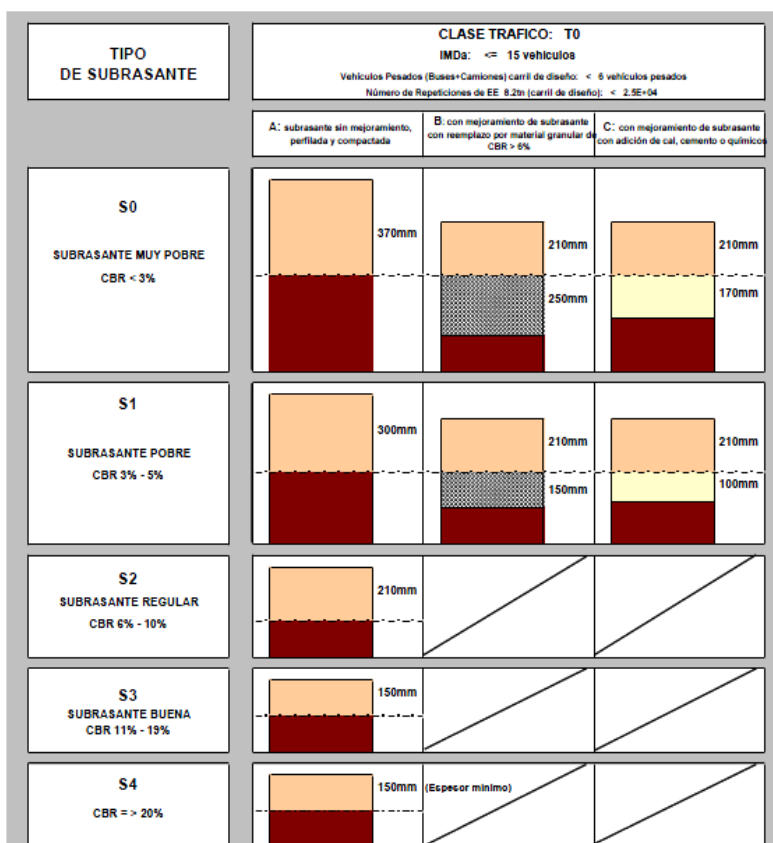


Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA

Sin ser una limitación, en éste Manual de Diseño se incluye catálogos de secciones de capas granulares de rodadura, para cada tipo de tráfico y de subrasante, estos han sido elaborados en función de la ecuación indicada.

El espesor total determinado, está compuesto por una capa de afirmado por la granulometría del material y aspectos constructivos, el espesor de la capa de afirmado no será menor de 150 mm. En todo caso se podrán ajustar las secciones de afirmado en función de las condiciones y experiencias locales.

Gráfico 10: Espesores de revestimiento granular para trafico tipo t0



Fuente: MDCNPBVT-MTC

Además el afirmado deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- CBR (1) : 40% mín. (MTC E 132)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y una Penetración de Carga de 0.1” (2.5 mm)

2.5.2.11 Impacto ambiental

[MTC01], al referirse a los impactos ambientales indica que se producen por el desarrollo y mejoramiento de la infraestructura vial y serán diferentes según el medio ecológico en que se encuentre la obra, puesto que algunas biomasas son evidentemente más frágiles que otras.

En cada estudio de impacto ambiental se deben determinar los impactos ambientales positivos y negativos, para lo cual se dictan las medidas de investigación y control necesarias para evitar, disminuir o atenuar los daños al medio ambiente, o, en su defecto, incluir las

medidas que permitan aprovechar más convenientemente los beneficios ambientales que resultan de la ejecución del proyecto vial.

[PARB02], refiere que la matriz no es propiamente un modelo para realizar estudios de impacto ambiental, sino una forma de sintetizar y visualizar los resultados de tales estudios, así la matriz de Leopold, sólo tiene sentido cuando va acompañado de un inventario ambiental y de una explicación sobre los impactos identificados, de su valor, de las medidas para mitigarlos y del programa de seguimiento y control

2.5.2.12 Marco conceptual

Según los reglamentos vigentes la clasificación que se le da al sistema de vías en el Perú está en función a su operatividad, su ubicación geográfica, relieve orográfico, y demás consideraciones. Y se aplican para el diseño de carreteras con superficie de rodadura de material granular, según correspondan a la clasificación que se establece en el Manual de Diseño Geométrico DG-2001 del MTC del Perú.

Para el correcto entendimiento de los términos empleados se presenta una descripción de su significado según reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial del MTC.

Área de influencia

El área de influencia corresponde al área geográfica del proyecto e incluye los centros poblados y áreas productivas que harán uso del camino. Se puede asumir el área de influencia como la que está constituida por los centros poblados en una franja de 2.5km a cada lado del eje de la vía. Un mayor análisis involucraría otros centros poblados, justificando el intercambio de actividades socioeconómicas

Berma

Franja longitudinal, pavimentada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.

Bombeo

Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente.

Camino vecinal

Vía de servicio destinada fundamentalmente para acceso a chacras.

Calzada

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.

Curva de transición

Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente.

Curva vertical

Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.

Derecho de vía

Faja de ancho variable dentro de la cual se encuentra comprendida la carretera y todas sus obras accesorias. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001) La propiedad del terreno para Derecho de Vía será adquirido por el Estado, cuando ello sea preciso, por expropiación o por negociación con los propietarios.

Diseño geométrico

Es el estudio geométrico de una carretera tomando como base el tráfico que soporta, el alineamiento de su eje, un conjunto de características técnicas y de seguridad que debe reunir para el tránsito vehicular y peatonal formando parte de una gestión inteligente.

Distancia de adelantamiento

Distancia necesaria para que, en condiciones de seguridad, un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto. En el caso más general es la suma de las distancias recorridas durante la maniobra de adelantamiento propiamente dicha, la maniobra de reincorporación a su carril delante del vehículo adelantado, y la distancia recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto.

Distancia de cruce

Es la longitud de carretera que debe ser vista por el conductor de un vehículo que pretende atravesar dicha carretera (vía preferencial).

Distancia de parada

Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto u obstáculo que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado.

Eje

Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.

índice medio diario (IMD)

Número promedio de vehículos medidos en un período de 24 horas del total que pasan por una sección determinada de una vía.

Índice medio diario anual (IMDA)

El volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas promedio del año.

Mejoramiento de carreteras

Consiste en ampliar o mejorar las características técnicas y geométricas de las carreteras, con variaciones en el eje transversal o eje vertical, ampliación de curvas y cambios en las características de la superficie de rodadura con respecto al diseño original de la vía.

Mantenimiento de carreteras

Actividades rutinarias y periódicas que se efectúan para que las carreteras se conserven en buenas condiciones de transitabilidad.

Muros de contención y protección

Estructura que sirve para estabilizar los taludes muy pronunciados, para evitar el deslizamiento de la calzada, o de protección contra la erosión del camino. Pueden ser construidos con piedra (muros secos, gaviones, enrocados) o con concreto (muro ciclópeo).

Ramal

Vía que une las calzadas que confluyen en una intersección para solucionar los distintos movimientos de los vehículos.

Rasante

Línea que une las cotas de una carretera terminada.

Rehabilitación de carreteras

Consiste en reponer las condiciones las características técnicas iniciales de construcción de una carretera

Sección transversal

Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.

Subrasante

Superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento.

Obras de drenaje

Conjunto de estructuras destinadas a cruzar cursos de agua, drenar las aguas que afectan el camino, evitar la erosión de terraplenes, etc. Ejemplo: cuneta, alcantarilla, tajea, zanja de coronación, drenes.

Obras de arte

Son todas aquellas obras complementarias construidas a lo largo del camino y que son necesarias para garantizar el adecuado tránsito de vehículos, cruzar cursos de agua, sostener

terraplenes y taludes, evitar la erosión de terraplenes, etc. Ejemplo: puentes, pontones, badenes, muros de contención.

Pavimento

Es la estructura construida sobre la subrasante, para los siguientes fines.

- (a) Resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos
- (b) Mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.

Plataforma

Ancho total de la carretera a nivel de subrasante.

Peralte

Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.

Pendiente

Inclinación de una rasante en el sentido de avance.

Vehículo

Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

Variante de trazado

Obra de modernización de una carretera en planta o en perfil cambiando su trazado para optimizar su diseño.

Vía colectora – distribuidora

Calzada con sentido único de circulación, sensiblemente paralela a la carretera principal, cuyo objeto es separar de dicha carretera principal las zonas de conflicto que se originan por las maniobras de cambio y trenzado de vehículos en tramos con salidas y entradas sucesivas muy próximas.

2.5.2.13 Levantamiento topográfico.

Para el trazo de una carretera se tienen dos métodos que son:

- Trazo Directo o Método de las Secciones Transversales.
- Trazo Indirecto o Método Taquimétrico o Topográfico.

El Trazo Directo es el preferido para trazar carreteras, sobre todo en llanuras y regiones onduladas, en la que es fácil lograr directamente, una poligonal que se cofunda o casi coincida con el eje de la futura carretera.

En cambio el Trazo Indirecto, es el método general, se basa en el levantamiento del plano a curvas de nivel, éste método se lo prefiere para el trazo de carreteras en terrenos accidentados.

Según *García Márquez, Fernando*, señala que “*cualquiera de los dos métodos que se utilicen, se tendrá en cuenta dos etapas:*

A. Trabajo de campo:

- ✓ **Reconocimiento del terreno.** *Es la etapa donde se ejecutara el levantamiento, estimar el tiempo y el personal necesario, definir los vértices del polígono de base, etc.*
- ✓ **Ubicación de los vértices.** *Se efectuara la materialización de los vértices del polígono de base, por medio estacas, marcas sobre roca o pavimento, fichas, etc.*
- ✓ **Elección del método que se efectuara en el levantamiento.**
- ✓ **Dibujo del croquis,** *del polígono base orientados aproximadamente, se dibujan a mano libre y son la guía para la construcción del plano.*
- ✓ **Medición de los lados del polígono de base.** *Se medirán los lados del polígono de base y de las líneas auxiliares (radiaciones, diagonales, etc), empleadas para dividir en triángulos el polígono de base.*
- ✓ **Medición de las distancias necesarias para el levantamiento de detalles.** *Se medirán las distancias necesarias con relación al polígono de base.*

Los datos recogidos en el levantamiento se anotaran en forma clara y ordenada en la libreta de campo para su posterior trabajo en gabinete.

B. Trabajo de gabinete

Cálculo de la Poligonal. *Concluido el trabajo de campo y con los datos obtenidos en él se procederá a calcular lo siguiente:*

- i. Dibujo Cálculo de los ángulos interiores del polígono de base.*
- ii. Cálculo de la superficie del polígono de base.*

Topografía

Según *García Márquez, Fernando*, define a la topografía: “*Como la posición y las formas circunstanciales del suelo, es decir, estudia en detalle la superficie terrestre y los procedimientos por los cuales se pueden representar, todos los accidentes que en ellas existen, sean naturales o debidos a la mano del hombre. El medio usual de expresión es el dibujo*”.

La topografía del terreno se la puede clasificar de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 8:
tipo de topografía en función a la inclinación del terreno respecto de la horizontal

Tipo de terreno respecto de la horizontal	Tipo de topografía
00° a 10%	Llana
10% a 20%	Ondulada
20% a 30%	Accidentada
Más de 30%	Montañosa

Fuente: Carreteras Diseña Moderno

2.5.2.14 Selección del tipo de vía y parámetros de diseño.

2.5.2.14.1 Según su jurisdicción:

Las carreteras se clasifican de acuerdo a su jurisdicción, en tres grandes sistemas:

2.5.2.14.1.1 Sistema nacional:

Que corresponde a la red de carreteras de interés nacional y que une los puntos principales de la nación con sus puertos y fronteras, cuya jurisdicción está a cargo del MTC.

Este sistema que forma la red vial básica del país está formado por:

- ✓ **Carreteras Longitudinales:**
- ✓ Longitudinal de la costa
- ✓ Longitudinal de la Sierra.
- ✓ Longitudinal de la selva.
- ✓ **Carreteras de Penetración**
- ✓ **Carreteras de Influencia Regional**

Las carreteras del sistema Nacional evitarán, en general, el cruce de poblaciones y su paso por ellas deberá relacionarse con las carreteras de circunvalación o vías de evitamiento.

“Se les identifica con un escudo y la numeración es impar, desde el 01 al 99 inclusive”.

2.5.2.14.1.2 Sistema departamental:

Compuesto por aquellas carreteras que constituyen la red vial circunscrita a la zona de un departamento, división política principal de la nación, uniendo capitales de provincias o zonas de influencia económica social dentro del mismo departamento; o aquellas que rebasando la demarcación departamental, une poblados de menor importancia. Cuya jurisdicción está a cargo de los Consejos Transitorios de Administración Regional.

“Se les identifica con una insignia y la numeración es desde 100 al 499 inclusive”

2.5.2.14.1.3 Sistema vecinal:

Conformado por aquellas carreteras de carácter local y que unen las aldeas pequeñas y poblaciones entre sí, cuya jurisdicción está a cargo de las Municipalidades.

“Se les identifica con un círculo y la numeración es desde el 500 hacia delante”.

2.5.2.14.2 Clasificación funcional de la red vial

2.5.2.14.2.1 Carreteras longitudinales

Sistema compuesto por aquellas carreteras que unen las Capitales de Departamento a lo largo de la Nación, de Norte a Sur o viceversa (SISTEMA NACIONAL).

2.5.2.14.2.2 Carreteras transversales

Lo constituyen las carreteras que unen las Capitales de Departamento a través del país de Este a Oeste o viceversa (SISTEMA DEPARTAMENTAL).

2.5.2.14.2.3 Carreteras colectoras.

Son aquellas que unen las Capitales de Provincia, y alimentan a las Vías Transversales y/o Longitudinales.

2.5.2.14.2.4 Carreteras locales.

Según **SCIPIÓN PIÑELLA, EDDY T.**, la componen las vías que unen los distritos, pueblos o caseríos con las carreteras colectoras y/o con otros distritos, pueblos o caseríos (SISTEMA VECINAL).

2.5.2.14.3 Clasificación por importancia de la vía

Según la importancia de la vía, es decir el tránsito que soportarán, las carreteras serán proyectadas con características geométricas adecuadas, según la siguiente normalización:

2.5.2.14.3.1 Carreteras duales:

Para un Índice Medio Diario (IMD) mayor de 4000 veh/día. Consiste en carreteras de calzadas separadas, para dos o más carriles de tránsito cada una.

2.5.2.14.3.2 Carreteras 1ra clase:

Para IMD comprendido entre 2000 y 4000 veh/d.

2.5.2.14.3.3 Carreteras 2da clase:

Para IMD comprendido entre 400 y 2000 veh/d.

2.5.2.14.3.4 Carreteras 3ra clase:

Para IMD menor a 400 veh/d.

2.5.2.14.3.5 Trochas carrozables:

IMD no específico, constituyen una clasificación aparte. Pudiéndose definir como aquellos caminos a los que les faltan requisitos para poder ser clasificadas en 3ª Clase: generalmente se presentan durante períodos correspondientes a la construcción por etapas.

2.5.2.14.4 Clasificación según sus condiciones orográficas

Según **Scipion Piñella**; se tiene:

2.5.2.14.4.1 Carretera tipo 1

Permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros, La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía. Es menor o igual a 10%.

2.5.2.14.4.2 Carretera tipo 2

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampas por un intervalo de tiempo largo. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 10 y 50%.

2.5.2.14.4.3 Carretera tipo 3

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir a velocidad sostenida en rampa durante distancia considerable o a intervalos frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 50 y 100%.

2.5.2.14.4.4 Carretera tipo 4

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es mayor de 10%.

2.5.2.14.5 Velocidad de diseño (v): Llamada también velocidad directriz, es la velocidad máxima en que un conductor puede transitar con seguridad bajo las condiciones de diseño establecidas.

Según **Morales Sosa, Hugo**, “La elección de la velocidad directriz se establece considerando varios factores, entre los cuales:

- Tipo de carretera a construir
- Topografía de la zona.
- Tráfico esperado.
- Factores de tipo económico.”

Variación de la Velocidad Directriz. El MTC, indica: “Los cambios repentinos de la Velocidad Directriz a lo largo de una carretera deberán ser evitados, deben existir razones que justifiquen la necesidad de realizar cambios, los cuales se incrementarán o disminuirán en 15 Km./h”.

a. Distancia de Visibilidad: El MTC a través del *Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas con Bajo Volumen de Tránsito*, da una definición: “Es la longitud continua hacia delante del camino que es visible al conductor, para tomar decisiones oportunas. Para efectos de diseño se consideran dos tipos de distancia de visibilidad.

a.1. Distancia de Visibilidad de Parada (D_p): Es la distancia mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la Velocidad Directriz, antes que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria.

Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10m por encima de la rasante de la carretera.

a.2. Distancia de Visibilidad de Sobrepasso (D_s).

Según el MTC, se define como la mínima distancia que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepassar a otro que se supone viaja a una velocidad de 15 Km. /h menor, con comodidad y seguridad sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepasso”.

- **Radios de Diseño.** El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), establece que: “Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento transversal del vehículo, están dados en función a la velocidad directriz, a la fricción transversal y al peralte máximo aceptable. En el alineamiento horizontal desarrollado para una velocidad directriz determinada, debe evitarse el empleo de curvas con radio mínimo. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas”.

Así mismo, el MTC, establece que “*el mínimo radio (R_{min}) de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte (e_{max}) y el factor máximo de fricción (f_{max}) seleccionados para una velocidad directriz (V). El valor del radio mínimo puede ser calculado por la expresión*”:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots(1)$$

Los valores máximos de la fricción lateral a emplearse son los que se señalan en la tabla:

Tabla 9:
Fricción Transversal máximo en curvas

velocidad directriz km/h	f máx.
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: MTC Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

- **Peraltes.** El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), denomina peralte a la “sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales deben ser peraltadas.

El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%”.

Longitud de Transición del Peralte.

Se utiliza con el fin de evitar la brusquedad en el cambio de una alineación, de un tramo recto a un tramo en curva, también se puede definir como la variación en tangente inmediatamente antes y después de una curva horizontal en la cual se logra el cambio gradual del bombeo de la sección transversal al peralte correspondiente a dicha curva.

Según *Scipion, Eddy T.*, indica: “La variación del peralte requiere una longitud mínima, de forma que no se supere un determinado valor máximo de la inclinación que cualquier borde de la calzada tenga con relación a la del eje del giro del peralte”.

Tabla 10:
Proporción del peralte a desarrollar en tangente

Mínimo	Normal	Máximo
P<4.5%	4.5% P=7%	P>7%
0.5P	0.7P	0.8P

Fuente: Manual DG Caminos I

A efectos de aplicación de la presente Norma – **Eddy T. Scipion**, “dicha inclinación se limita a un valor máximo (p_{max}) definido por la ecuación:

$$I_{pmax} = 1.8 - 0.01V \dots \dots \dots (2)$$

Siendo:

I_{pmax} : Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la misma (%)

V: Velocidad de diseño (Kph)

Según **Scipion, Eddy T.**, la longitud del tramo de transición del peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la ecuación:

$$L_{min} = \frac{P_f - P_i}{i_{pmax}} * B \dots \dots \dots (3)$$

SIENDO:

L_{min} = Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m)

P_f = Peralte final con su signo (%)

P_i = Peralte inicial con su signo (%)

B = Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m)”.

Tabla 11:

Pendientes Máximas Normales

Velocidad Directriz (km/h)	Peralte Máximo e (%)	Valor Límite de Fricción fmax.	Calculado Radio mínimo (m)	Redondeo Radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
70	4.0	0.14	214.2	215
80	4.0	0.14	279.8	280
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
70	6.0	0.14	192.8	195
80	6.0	0.14	251.8	250
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
70	8.0	0.14	175.3	175
80	8.0	0.14	228.9	230
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
70	10.0	0.14	160.7	160
80	10.0	0.14	209.9	210
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105
70	12.0	0.14	148.3	150
80	12.0	0.14	193.7	195

Fuente: MDCNPBV - MTC

b. Pendientes.

La pendiente de una carretera o camino es la inclinación longitudinal que tiene o se dispone a la plataforma de una carretera.

Pendientes mínimas. El MTC, especifica que: “En los tramos en corte se evitará el empleo de pendientes menores de 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje”.

Pendientes máximas normales. En general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados en la tabla 12.

Tabla 12:
Pendientes máximas

Orografía Tipo	Terreno Plano	Terreno ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad de Diseño				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

Fuente: MDCNPBVT - MTC

Pendientes máximas excepcionales. El MTC, especifica que: “En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3,000 msnm, los valores máximos de la tabla N° 13 para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%.

En general, cuando en la construcción de carreteras se emplee pendientes mayores a 10%, el tramo con esta pendiente no debe exceder a 180 m.

Es deseable que la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000 m no supere el 6%, las pendientes máximas que se indican en la tabla N° 13 son aplicables”.

c. Bombeo.

Según el **MTC**, “Las carreteras no pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 2% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMD inferior a 200 veh/día, se puede sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada”.

d. Sobreancho.

Según el **MTC**, “La calzada aumenta su ancho en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes. En las curvas, el vehículo de diseño

ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos. Asimismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril. Para velocidades de diseño menores a 50 Km/h no se requerirá sobre ancho cuando el radio de curvatura sea mayor a 500 m. Tampoco se requerirá sobre ancho cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 y 60 Km/h y el radio de curvatura sea mayor a 800 m”.

Según **Morales Sosa, Hugo**, “en las curvas que poseen curvas de transición, el sobreancho debe ser colocado en la parte inferior de la curva o dividida igualmente en la parte exterior e inferior: La fórmula de cálculo propuesta por VOSHELL y recomendada por la AASHTO:

$$S_a = n(R - \sqrt{R^2 + L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \dots\dots\dots$$

Dónde:

S_a : *Sobreancho (m)*

n : *número de carriles.*

R : *radio de la curva (m)*

L : *distancia entre el eje delantero y el eje posterior de vehículo (m)*

V : *velocidad directriz (Km./h.)”.*

A. Características geométricas de la vía:

1. Superficie de rodamiento: Los anchos de la faja de rodadura recomendados por las Normas Peruanas, están en función del tipo de carretera y de la topografía que atraviesa, así como también en función de la velocidad Directriz.

2. Bermas. Su finalidad es servir de contención al borde del pavimento, así como también para el estacionamiento temporal de vehículos, circulación eventual de peatones y acémilas.

Según *MTC*. a través **del Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito**, indica que “A cada lado de la calzada, se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías. Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho de min. 0.50 m”.

3. Curvas horizontales: Las curvas horizontales son de dos clases: Curvas Circulares y Curvas de Transición.

Lauro Alonso Salomón, menciona que “las curvas horizontales están en función de dos elementos, los cuales son:

- Radio de curvatura y Grado de curvatura.

Las curvas circulares son los arcos de círculos que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un arco de círculo o más”.

Elementos de curvas horizontales. Los elementos de curvas horizontales que permiten su ubicación y trazo en el campo, son:

Gráfico 11: Elementos de una curva simple

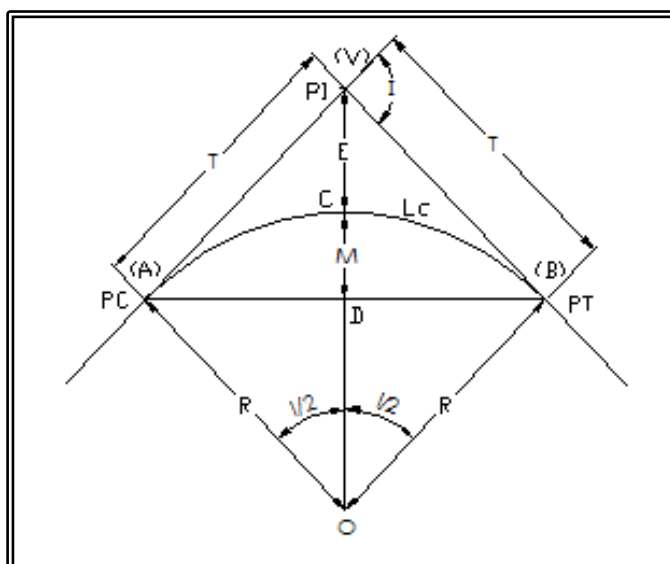


Tabla 13:

Elementos de Curvas Simples.

Elemento	Símbolo	Fórmula
Tangente	T	$T = R \tan (I / 2)$
Longitud de curva	Lc	$Lc = \frac{\pi R I}{180^\circ}$
Cuerda	C	$C = 2 R \text{ Sen } (I / 2)$
Externa	E	$E = R [\text{Sec } (I / 2) - 1]$
Flecha	F	$f = R [1 - \text{Cos } (I / 2)]$

Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras

Perfil longitudinal: Según *Scipion, Eddy T.*, indica que “*el perfil longitudinal está formado por la rasante constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos, a los cuales dichas rectas son tangentes. Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquéllas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota*”.

4. Rasante: Viene a ser la superficie que queda una vez que se ha concluido con el pavimento.

5. Sub rasante: Es la línea de intersección del plano vertical que pasa por el eje de la carretera con el plano que pasa por la plataforma que se proyecta.

Consideraciones para ubicar la sub rasante.

- En terreno llano, la rasante estará sobre el terreno por razones de drenaje, salvo casos especiales.
- En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante seguirá las inflexiones del terreno, sin perder de vista las limitaciones impuestas por la estética, visibilidad y seguridad.
- En general la Subrasante debe ubicarse más en corte que en relleno. Lo ideal es compensar los cortes con los rellenos.

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). “La subrasante es la capa superficial de terreno natural. Para construcción de carreteras se analizará hasta 0.45 m de espesor, y para rehabilitación los últimos 0.20 m”.

6. Curvas verticales. Son curvas parabólicas que se emplean para unir los diferentes tramos del alineamiento vertical de modo que siempre se tenga la visibilidad necesaria. Estas pueden ser Cóncavas o Convexas.

Así mismo, **Cárdenas Grisales, James**, agrega “Una curva vertical es aquel elemento del diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectúa el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente a la salida, de tal forma que facilite una operación vehicular segura y confortable. De eje vertical.

Gráfico N°12: Elementos de una curva cóncava simétrica

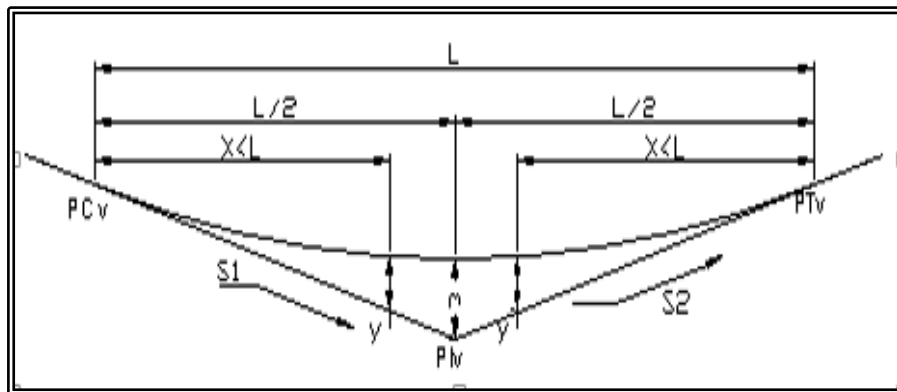
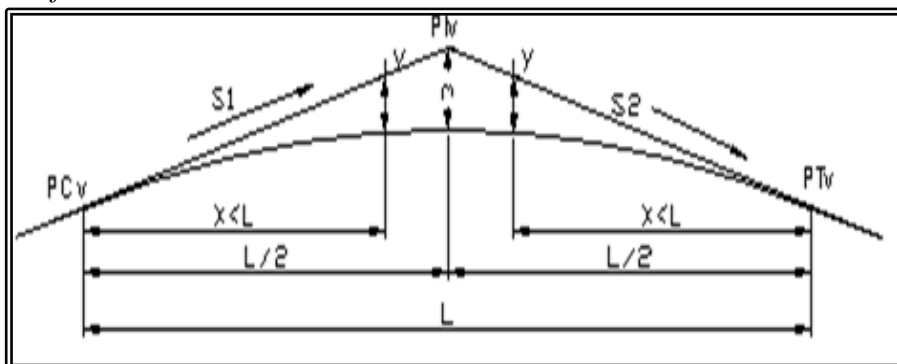


Gráfico N°13: Elementos de una convexa simétrica



Calculo de las Curvas Verticales.

Para calcular las curvas verticales se sigue el siguiente procedimiento:

- Determinar la necesidad de curvas verticales.
- Precisar el tipo de curva vertical a utilizar.
- Calcular la longitud de la curva vertical. Para esto debemos considerar las distancias de visibilidad de parada y/o sobrepaso, según sea el caso.

Longitud de las Curvas Verticales:

• Curvas Verticales Convexas.

Según *Eddy T. Scipion*, “la longitud de curvas verticales convexas, viene dadas por las siguientes expresiones:

- a) Para contar con la Visibilidad de Parada (D_p): deberá utilizarse los valores de Longitud de Curva Vertical.
- b) Para contar con la Visibilidad de Sobrepaso (D_a)- Se utilizarán los valores de longitud de curvas Vertical.

Consideraciones estéticas

La longitud de curva vertical cumplirá la condición

$$L > \text{ó} = V$$

L : Longitud de la curva (m)

V: Velocidad Directriz (Kph)

Consideraciones

“Consideraciones que tenemos que tomar de las Nuevas Normas del Diseño Geométrico de Carreteras (DG-99)

1.-) En curvas Verticales Convexas deben tener las mismas distancias de Visibilidad adecuadas, como mínimo iguales a la de parada.

2.-) El proyecto de curvas Verticales, puede resumirse en cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas:

Criterios de Comodidad.- Se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección se suma al peso propio del vehículo.

Criterios de Operación.- Se aplica al diseño de curvas verticales con visibilidad completa, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

Criterio de Drenaje.- Se aplica al diseño de curvas verticales convexas o cóncavas cuando están alojadas en corte, Para advertir a los diseñados la necesidad de modificar las pendientes longitudinales en las cunetas.

Criterios de Seguridad.- Se aplica a curvas cóncavas y convexas. La longitud de las curvas debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada. En algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de paso.”

Cuando se desea contar con distancia de visibilidad de parada:

Según **Scipion Piñella, Eddy T.** la longitud mínima de la curva vertical convexa se determina con las siguientes fórmulas:

Para $Dp > 0 = L$

$$L = 2Dp - (200(h_1 + h_2)^2 - A) \dots \dots \dots (5)$$

Para $D_p < L$

$$L = \frac{ADp^2}{(100(2h_1 + 2h_2)^2)} \dots\dots\dots(6)$$

Dónde:

L = Longitud de la curva vertical, m.

D_p = Distancia de visibilidad de frenado, m.

h_1 = Altura del ojo sobre la rasante (m)

h_2 = Altura del objeto sobre la rasante (m)

Cuando se desea obtener visibilidad de sobrepaso:

Según **Scipion Piñella, Eddy T.** Se utilizarán las mismas que en (a); utilizándose como $h_2 = 1.30\text{m}$ considerando $h_1 = 1.07\text{m}$:

Para $D_a > 0 = L$

$$L = 2D_a - \frac{946}{A} \dots\dots\dots(7)$$

Para $D_a < L$

$$L = \frac{AD_a^2}{946} \dots\dots\dots(8)$$

Dónde:

L = Longitud de la curva vertical, m.

D_a = Distancia de visibilidad de paso, m.

A = Diferencia algebraica de pendiente, %.

• **Curvas Verticales Cóncavas (simétricas - asimétricas):**

Según **SCIPION PIÑELLA, EDDY T.** La longitud de las Curvas Verticales Cóncavas, viene dada por la siguiente expresión:

Para $D > 0 < L$

$$L = 2D - \frac{946}{A} \dots\dots\dots(9)$$

Para $D < L$

$$L = AD^2 / (120 + 3.5D) \dots \dots \dots (10)$$

Dónde:

D: Distancia entre el vehículo y el punto donde con un ángulo de 1° , los rayos de luz de los faros, intercepta a la rasante. Según **SCIPION PIÑELLA, EDDY T.** “Adicionalmente, considerando que los efectos gravitacionales y de fuerzas centrífugas afectan en mayor proporción a las curvas cóncavas, a fin de considerar este criterio se tiene que:

$$L = \frac{AV^2}{395} \dots \dots \dots (11)$$

Dónde:

L = Longitud de la curva vertical, m.

Da = Distancia de visibilidad de paso, m.

A = Diferencia algebraica de pendiente, %.

V = Velocidad directriz (Kph)”.

2.5.2.15 Trazado del eje longitudinal

Según **SCIPION PIÑELLA, EDDY T.**, para efectos de realizar un mejoramiento, es necesario en primera instancia evaluar la vía y luego de ello se procede a definir el eje considerando para ello los tramos en los que solamente necesita ampliar radios, superficies de rodamientos, aligerar pendientes, colocar alcantarillas, badenes, pontones, puentes, etc.; así como aquellos tramos en los que se necesite variar la ubicación del eje, para lo cual debemos efectuar el reconocimiento, trazo de la línea de gradiente, poligonal y luego diseño del eje.

2.5.2.16 Nivelación del eje longitudinal

Según **Lauro Ariel, Alonzo Salomón**, definido el eje y estacado convenientemente, se procede a efectuar la nivelación de todas las estacas (Nivelación geométrica compuesta en circuitos de ida y vuelta), con la finalidad de calcular las cotas de dichas estacas, las mismas que posteriormente nos servirán para obtener el perfil longitudinal. Simultáneamente con el

proceso de la nivelación se deben colocar los Bench Marks, a intervalos de 500 m. aproximadamente, los cuales deben ser debidamente numerados y monumentados.

Nivelación de una Vía

Según **Lauro Ariel, Alonzo Salomón**, indica que “El alineamiento vertical, es la representación longitudinal del eje de un camino en el plano vertical, esto es ver el camino a través de sus niveles, cotas y alturas longitudinales y transversales. El proyecto de alineamiento vertical se inicia con la nivelación del trazo definitivo o alineamiento horizontal (planta del camino), lo cual nos da el perfil del terreno natural.

El alineamiento vertical se compone de 2 elementos: las tangentes y las curvas verticales.

Para poder diseñar el alineamiento vertical se requiere primero tener la nivelación del perfil del eje del camino proyectado en el alineamiento horizontal”.

2.5.2.17 Seccionamiento transversal

La sección transversal de una carretera en un punto de ésta, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Según **Scipion, Eddy T.**, “para agrupar los tipos de carreteras se acude a normalizar las secciones transversales, teniendo en cuenta la importancia de la vía, el tipo de tránsito, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento u otros, de tal manera que la sección típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad de la circulación”.

Así mismo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (**MTC**), indica que “las secciones transversales del terreno natural estarán referidas al eje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no deberá ser mayor de 20 m. tramos en tangente y de 10 m en tramos de curvas con radios inferiores a 100 m. En caso de quiebres, en la topografía se tomarán secciones adicionales en los puntos de quiebre”.

Efectuado el estacado de la vía se procede al seccionamiento transversal de cada una de las estacas.

Procedimiento:

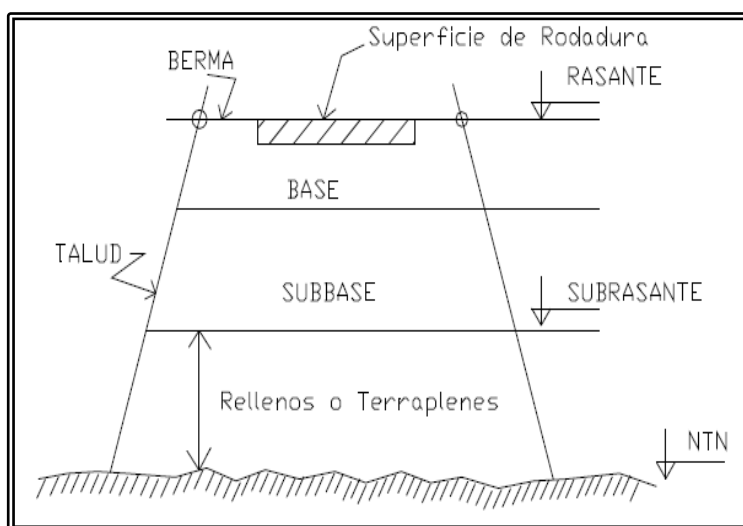
- En cada progresiva, en forma perpendicular al eje, se tiende un jalón, sobre el cual se coloca el eclímetro.

- Luego se lee el ángulo de inclinación; y se mide la distancia en que se desarrolla tal inclinación, anotando en la libreta bajo forma de quebrados la inclinación del terreno en porcentaje (en el numerador) y la distancia en metros (en el denominador).

Elementos

Según el MTC, los elementos que integran y definen la sección transversal son: ancho de zona o derecho de vía, calzada ó superficie de rodadura, bermas, carriles, cunetas, taludes y elementos complementarios.

Gráfico 14: Elementos de una convexa simétrica



Taludes

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, especifica que:

Los taludes de corte de las carreteras varían según la naturaleza del material; así se pueden observar los siguientes taludes:

Tabla 14:
Taludes en corte de terreno

Clase de Terreno	Terreno Plano
Roca Fija	10:01
Roca Suelta	04:01
Material Suelto	03:01

Fuente: MTC, Manual de diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Tabla 15:
Taludes de Relleno

Clase de Terreno	Terreno Plano
Enrocado	01:01
Suelos Diversos compactados	01:01.5

Fuente: MTC, Manual de diseños de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito

2.5.2.18 Estudio de suelos y canteras

2.5.2.18.1 Generalidades

En el estudio de suelos se debe tener cuidado especial, ya que los elementos de la estructura que conforman la cimentación de cualquier tipo de obra de Ingeniería Civil, se encuentran por debajo de la superficie del terreno, por lo que es necesario conocer el perfil del subsuelo, el que nos proporcionará la información acerca de la clase de suelos y rocas existentes y nos indicara la profundidad a la que se encuentran las aguas subterráneas, así como el espesor de las diferentes capas que conforman el subsuelo.

Según *Alva Hurtado*, define a la mecánica de suelos como: “Una disciplina de la ingeniería que tiene por objeto el estudio de una serie de métodos, que conducen directa o indirectamente, al conocimiento del suelo en los diferentes terrenos sobre los cuales se va a erigir estructuras de índole variable. La enorme importancia de su conocimiento por el ingeniero moderno ha sido y es demostrada a diario por hechos por todos conocidos. El tratar de iniciar cualquier construcción sin llevar a cabo, primero, un estudio del suelo, es quizá uno de los mayores riesgos que pueden correrse en el campo de la ingeniería. Es imposible proyectar una cimentación adecuada para una estructura sin conocer el carácter del suelo que se encuentra bajo ella, ya que, en definitiva, es dicho suelo el que soportará la carga”.

2.5.2.18.2 Geología

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), “las carreteras de bajo volumen de tránsito se estructuran como carreteras de bajo costo. Consecuentemente, tienen alineamientos de diseño que evitan excesivos movimientos de tierra, considerando estructuras y obras de arte, por lo general diseñadas para períodos de vida útil, de corto y mediano plazo; con capas de revestimiento granular afirmados y, en general, con características que disturban lo menos posible la naturaleza del terreno.

El estudio determinará las características geológicas del terreno a lo largo del trazo definitivo y de las fuentes de materiales (canteras), definiendo las unidades estratigráficas

considerando las características geológicas más destacadas tanto de rocas como de suelos y el grado de sensibilidad o la pérdida de estabilidad en relación a la obra a construir”.

Asimismo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (**MTC**), señala que “se determinará la geomorfología regional y área definiendo los aspectos principales de interés geotécnico:

- a) Topografía (plana, ondulada, montañosa, etc.).
- b) Unidades geomorfológicas areales y locales (terraza fluvial, conoide aluvional, terraza marina, duna, pantano, quebradas, taludes, laderas, etc.).
- c) Materiales componentes del talud de corte (Clasificación de materiales).
- d) Materiales constituyentes del suelo (grava, arena, arcilla, etc.) diferenciándolos entre transportados y no transportados.
- e) Litología dominante de materiales transportados”.

El estudio geológico debe ser de extensión y alcance local y será desarrollada fundamentalmente sobre la base del reconocimiento de campo y complementada con documentos de consulta, como información técnica general publicada por el INGEMET a nivel regional, mapas geológicos, topográficos o de restitución fotogramétrica.

Ciclo Geológico. Es el estudio de los procesos que han conducido a la actual disposición estructural de la corteza terrestre, considerando los procesos análogos que hoy se realizan. La escultura de la superficie terrestre, se realiza mediante agentes tales como los grandes cambios de temperatura (especialmente la congelación y deshielo del agua contenida en grietas), la acción eólica (especialmente en regiones desérticas), la de la lluvia sobre las rocas solubles y rocas que el agua puede descomponer, la acción erosiva de la escorrentía y de los ríos sobre las superficies de las rocas, la desintegración y transporte del material y la acción erosiva del mar en casi todos los litorales costeros.

La sedimentación se debe al viento o a la acción del agua, especialmente a esta última, pues el viento se limita generalmente a regiones desérticas.

2.5.2.18.3 Ensayos generales

Según el **MTC**, menciona que; conocidos los perfiles topográficos y fijada la sub rasante es necesario conocer los diferentes tipos de materiales que forma el subsuelo a diferentes profundidades para lo cual se efectuarán calicatas de 1.50 metros de profundidad.

Los ensayos de laboratorio a realizarse serán:

➤ **Ensayos Generales para clasificar los Suelos.** Nos permiten determinar las principales características de los suelos, para poder clasificarlos e identificarlos adecuadamente, son los siguientes:

- Peso específico (Normas AASHTO: T-100-70, T-85-70, T-84-70; Según sea el caso).
- Análisis granulométrico.
- Límites de consistencia (Normas AASHTO: T-89-68 Y T-90-70). Entre éstos tenemos:
 - Límite líquido.
 - Límite plástico.

➤ **Ensayos de Control o Inspección.** Se efectúan para asegurar una buena compactación, los resultados son de mucha utilidad para evaluar la resistencia del suelo, éstos son:

- Contenido de humedad. (A.S.T.M. D 2216).
- Proctor Modificado (Compactación). Para definir el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca (Normas AASHTO T-99-70 y T-180-70, Según sea el caso).

➤ **Ensayos de Resistencia.** Su finalidad es evaluar la capacidad portante del suelo, mediante los resultados obtenidos en los ensayos de:

- Carga - Penetración (California Bearing Ratio – CBR).
- Desgaste por Abrasión (Norma AASHTO T-96-65).

Seguidamente definiremos cada uno de los ensayos realizados.

2.5.2.18.4 Ensayos generales para clasificar los suelos.

a. Contenido de Humedad.

Según **Nicholas J. Garber**, “viene a ser la cantidad de agua en una masa de suelo se expresa en términos de contenido de humedad”.

Así mismo, **Juárez Badillo**, define al contenido de humedad “como la relación que existe entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra completamente seca, que generalmente se expresa en porcentaje:

$$\omega(\%) = \frac{P_w}{P_s} * 100 \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

W (%): Contenido natural de humedad dado en porcentaje.

Pw: Peso del agua

Ps: Peso de la muestra seca.

En el laboratorio:

$$\omega(\%) = \frac{P_{hm} - P_{ms}}{P_{ms}} * 100 \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

W (%): Contenido de humedad en porcentaje.

P_{mh}: Peso de muestra húmeda.

P_{ms}: Peso de la muestra seca”.

b. Peso Específico.

Según **Alva Hurtado**, indica “que es la relación que existe entre el peso y el volumen de la fase sólida de la muestra. Su fórmula es la siguiente:

- Para partículas mayores a 4.75 mm. se usa el método estándar AASHO T-85 (Grava y Arena Gruesa).

$$P_e = \frac{P_{mw}}{P_m - P_{mw}} (gr / cm^3) \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

P_e = Peso específico del suelo.

P_{mw} = Peso de la muestra en el agua.

P_m = Peso de la muestra en el aire.

- Para partículas menores a 4.75 mm. (Tamiz N° 4), se usa el método estándar AASHO T-100-70 (Limo y Arcilla), se determina mediante la siguiente fórmula

$$P_e = \frac{P_s}{P_s + P_{fa} - P_{fas}} * \gamma_T = \frac{P_s}{V_s} \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

P_e = Peso específico del suelo.

γ_T = Peso específico del agua.

P_s = Peso de la muestra seca.

P_{fas} = Peso de la fiola, calibrada con agua y suelo.

P_{fa} = Peso de la fiola con agua”.

c. Grado de Saturación

Según **J. Garber, Nicholas**, “el grado de saturación es el porcentaje de espacios vacíos ocupados por agua y está dada por:

$$S = \frac{V_w}{V_v} * 100 \dots\dots\dots (16)$$

Dónde:

S = Grado de saturación.

V = Volumen.

El suelo está saturado cuando los vacíos están totalmente llenos de agua”.

d. Densidad del Suelo

Según **J. Garber, Nicholas**, indica: “Una propiedad del suelo muy útil para los ingenieros de carreteras es la densidad del suelo. La densidad es el cociente que relaciona la parte de masas del diagrama de fases con la parte volumétrica. Generalmente se usan tres densidades en la ingeniería de suelos.

Densidad Total: Es la relación del peso de una muestra dada de suelo entre el volumen, o:

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (17)$$

Densidad en Seco: Es la densidad del suelo después de haber retirado el agua. Esta dada por:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots (18)$$

Densidad Sumergida: Es la densidad del suelo cuando se encuentra sumergida en agua, y es la diferencia entre la la densidad de saturación y la densidad del agua, o:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \dots\dots\dots (19)$$

Dónde: γ_w = Densidad del agua.”

e. Análisis Granulométrico.

Según el Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC), “sostiene que El análisis granulométrico, se realiza con la finalidad de determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño”.

Si el material es granular, los porcentajes de piedra grava y arena se pueden determinar fácilmente mediante el empleo de tamices.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Tabla N° 16:

Periodos de retorno para diseño de obras de drenaje en carreteras de bajo volumen de tránsito

Tipo de Material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm-2 mm
Arena	Arena gruesa 2 mm-0.2 mm Arena Fina: 0.2 mm-0.05 mm
Limo	0.05 mm-0.005mm
Arcilla	Menor a 0.005mm

FUENTE: MTC, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo

Volumen de Tránsito.

Los resultados se presentan por medio de curvas de distribución granulométrica en la cual se grafica el diámetro de las partículas en el eje de las abscisas y el porcentaje que pasa en el eje de las ordenadas. La forma de la curva es un indicador de la granulometría, tenemos que los suelos uniformes están representados por líneas en forma de S que extienden a través de varios ciclos de la escala logarítmica.

Alva Hurtado, describe que “las características granulométricas de los suelos pueden compararse estudiando ciertos valores numéricos importantes deducidos de las curvas de distribución, los más comunes son:

D10, D30 y D60, que son los diámetros efectivos en mm. Delas partículas correspondientes al 10%, 30% y 60% en la curva granulométrica, lo que significa que el 10%, 30% y 60% de las partículas son menores que el diámetro efectivo.

Coefficiente de Uniformidad (Cu): Su valor numérico decrece cuando la uniformidad de la muestra aumenta, así se tiene:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Si:

$Cu < 3 \rightarrow$ Muy Uniforme

$3 < Cu < 15 \rightarrow$ Heterogéneo

$15 < Cu \rightarrow$ Muy Heterogéneo

Coefficiente de Contracción (Cc): Se expresa con la siguiente fórmula:

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} * D_{60})}$$

Si $1 < Cc < 3 \rightarrow$ Bien Graduado”

f. Límites de Consistencia

f.1 Consistencia del Suelo

Por consistencia se entiende el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura.

Según **Braja M. Das**, “cuando existen minerales de arcilla en un suelo de grano fino, éste puede ser remodelado en presencia de alguna humedad sin desmoronarse. Esta naturaleza cohesiva es debida al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. A muy bajo contenido de agua, el suelo se comporta más como un sólido frágil. Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido. Por tanto, dependiendo del contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólido, semisólido, plástico y líquido.

El contenido de agua, en porcentaje, en el que la transición de estado sólido a semisólido tiene lugar, se define como el límite de contracción. El contenido de agua en el punto de transición de estado semisólido a plástico es el límite plástico, y de estado plástico a líquido es el límite líquido. Esos límites se conocen también como límites de Atterberg”.

Así mismo, según **Juárez Badillo**, “los límites de consistencia de un suelo están representados por contenidos de agua. Los principales son

- **Límite Líquido (LL):** según **Juárez Badillo y Rico Rodríguez**, es el porcentaje de humedad, por debajo del cual, el suelo se comporta como un material plástico.

El límite líquido nos da una idea de la resistencia al corte cuando tiene un determinado contenido de humedad. Cuando el suelo tiene un contenido de humedad igual o mayor al límite líquido, tendrá una resistencia al corte prácticamente nulo.”

Los materiales granulares (arena, limo) tienen límites líquidos bajos (25% a 35%) y las arcillas límites líquidos altos (mayores al 40%).

Al graficar en escala logarítmica, el número de golpes en las abscisas y a escala natural los contenidos de humedad en el eje de ordenadas, sobre la base de tres puntos obtenidos de cuatro ensayos sobre muestras de suelo a diferentes contenidos de humedad; el límite líquido se obtiene gráficamente, siendo el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes

Matemáticamente, se determina mediante la siguiente fórmula, propuesta por la BUREAU OF PUBLICS ROADS, de los Estados Unidos

$$LL(\%) = \frac{W(\%)}{1.419 - 0.3LnS} \dots\dots\dots(20)$$

Dónde:

LL (%) = Límite líquido

W (%) = Contenido de humedad que tiene la muestra que se une a los 25 golpes.

S = Número de golpes al cabo de los cuales se unen las mitades del suelo.

- **Límite plástico (LP):** Es el contenido de humedad, por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico. Según *Braja M. Das*, “el límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. Es el límite inferior de la etapa plástica del suelo

Índice de plasticidad (IP): El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo”, o:

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots (21)$$

- **Límite de contracción (SL):** *Braja M. Das*, indica: “La masa de suelo se contrae conforme se pierde gradualmente el agua del suelo. Con una pérdida continua de agua, se alcanza una etapa de equilibrio en la que más pérdida de agua conducirá a que no haya

cambio de volumen. El contenido de agua, en porcentaje, bajo el cual el cambio de volumen de la masa del suelo cesa, se define como **límite de contracción**".

2.5.2.18.5 Ensayos de control o inspección

a. Compactación

Según **Braja M.DAS**, señala que "en general, la compactación es la densificación del suelo por remoción de aire, lo que requiere energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso específico seco. Cuando se agrega agua al suelo durante la compactación, ésta actúa como un agente ablandador de las partículas del suelo, que hace que se deslicen entre sí y se muevan a una posición de empaque más denso".

Es conveniente hacer notar que hay materiales que con un cierto grado de compactación se tornan muy expansivos en presencia de agua; este tipo de materiales no es conveniente utilizarlos en las obras viales en forma natural, pues si se compactan, aumentan su volumen y si se dejan con un grado bajo de compactación se deforman en forma apreciable en la operación. En caso de que por economía sea necesario utilizar alguno de estos materiales, deberá ser estabilizado con cal o cemento, lo cual, influirá en el costo.

Según **J. Garber, Nicholas**, "la resistencia del suelo compactado se relaciona directamente con la máxima densidad en seco que se alcanza mediante la compactación. La densidad en seco aumenta al aumentar el contenido de humedad hasta un valor máximo, obteniéndose el máximo grado de saturación, este no puede incrementarse con compactación adicional debido a la presencia de aire atrapado en los espacios vacíos y alrededor de las partículas. Por lo tanto mayor adición de humedad resulta en que los vacíos se saturen con agua, sin que lo acompañe una reducción de aire".

La consolidación es un fenómeno semejante a la compactación, pero se diferencia en que es un fenómeno natural que se lleva a cabo durante mucho tiempo, quizá siglos, y la disminución del volumen se efectúa a costa del aire y agua que contenga el suelo.

b. Compactación en el Campo. Tipos de compactadores.

El primer paso en la construcción de un terraplén de carretera es la identificación y selección de un material adecuado. Esto se hace obteniendo muestras de pozos de préstamo o bancas de préstamo económicamente factibles, y ensayándolas en el laboratorio para determinar el grupo de cada una. Para compactar los materiales, se tienen diferentes tipos de máquinas, que tienen su aplicación dependiendo de las características de aquellos. Principalmente se pueden dividir en dos: de presión y vibratorias.

Según **Braja M. Das**, “la mayor parte de las compactaciones de campo se hacen con compactadores de rodillos, de los cuales hay cuatro tipos.

1. Compactador de rodillos de rueda lisa (o rodillos de tambor liso)
2. Compactador de neumáticos de hule
3. Compactador con rodillos de pata de cabra
4. Compactador de rodillos vibratorios

Los compactadores de rodillos lisos son apropiados para rodadas de prueba de Subrasante y para la operación final de rellenos con suelos arenosos y arcillosos. Estos cubren el 100% bajo las ruedas con presiones de contacto con el suelo de 310 hasta 380 kN/m², y no son apropiados para producir altos pesos específicos de compactación al usarse en capas gruesas.

Los compactadores con neumáticos de hule son mejores en muchos aspectos que las de rodillos lisos. Los primeros tienen varias hileras de neumáticos, que van colocados cerca uno de otro, cuatro a seis en una hilera. La presión de contacto bajo los neumáticos varía entre 600 y 700 kN/m² y su cobertura es aproximadamente de 70% a 80%. Los rodillos con neumáticos se usan para la compactación de suelos arenosos y arcillosos. La compactación se logra por una combinación de presión y acción de amasamiento.

Los rodillos pata de cabra son tambores con un gran número de protuberancias. El área de cada una de esas protuberancias varía entre 25 y 85 cm². Los rodillos pata de cabra tienen su mayor efectividad en la compactación de suelos arcillosos. La presión de contacto bajo las protuberancias varía entre 1380 y 6900 kN/m². Durante la compactación en el campo, las pasadas iniciales compactan la porción inferior de una capa. Las porciones superior y media de una capa se compactan en una etapa posterior.

Los rodillos vibratorios son muy eficientes en la compactación de suelos granulares. Los vibradores se unen a los rodillos lisos, a los de neumáticos o a los rodillos pata de cabra para suministrar efectos vibratorios al suelo. La vibración es producida girando pesos excéntricos.

Las placas vibratorias manuales se usan para la compactación efectiva de suelos granulares sobre un área limitada. Las placas vibratorias también se montan sobre maquinaria, y se usan en áreas menos restringidas”.

c. Verificación de la Compactación.

Según **Braja M. Das**, menciona: “En la mayoría de las especificaciones para trabajos de terracerías, una estipulación es que el contratista debe lograr un peso específico seco por

compactación en campo del 90% al 95% del peso específico seco máximo determinado en laboratorio por la prueba Proctor Estándar o por la modificada.

Esta especificación es, de hecho, para una compactación relativa R, que se expresa como”:

$$G_c = \frac{\text{Peso.volumétrico.seco.de.campo}}{\text{Peso.volumétrico.seco.máximode.laboratorio}} * 100 \dots \dots \dots (22)$$

d. Pruebas de Compactación en el campo

Según **BRAJA M. DAS** con las pruebas de campo se encuentra el peso volumétrico seco alcanzado en la obra, para lo cual se hace un sondeo a cielo abierto con una profundidad igual al espesor de la capa de estudio y con un ancho o diámetro igual a 3 ó 4 veces del tamaño máximo del agregado (15 cm máximo).

El material que se extrae del sondeo se coloca en una charola para conocer el peso húmedo y se toma una pequeña muestra para conocer su humedad, con lo cual podemos calcular el peso seco del material:

$$\text{PesoSeco} = \frac{100 * \text{Pesohúmedo}}{100 - \text{humedad}(\%)} = P_s \dots \dots \dots (23)$$

El volumen del sondeo (V), se encuentra vaciando la arena con granulometría uniforme (entre tamaños 0.850mm a 0.600mm.), Lo cual se puede llevar a cabo por medio de una probeta, por medio de embudo y trompa o por medio de frasco y cono. Hay otros métodos como los que utilizan agua o aceite para medir el volumen, pero como requieren de una membrana plástica para evitar que el fluido se infiltre en el suelo, en general, se puede decir que son más imprecisos que los que no la utilizan, ya que a medida que la membrana es menos flexible menos se pliega a las irregularidades del sondeo. El peso volumétrico se calcula con la fórmula:

$$\text{Peso.volumétrico.seco} = PVS = \frac{P_s}{V} \dots \dots \dots (24)$$

e. Pruebas de Compactación de laboratorio. tipos

Según **BRAJA M. DAS**, se tiene:

Compactación estática y compactación dinámica.

Para encontrar el grado de compactación se requiere el patrón de laboratorio con el que se debe comparar el peso volumétrico seco encontrado en el campo (máxima densidad seca).

Para calcular la máxima densidad seca utilizamos la siguiente fórmula:

$$D_s = \frac{(P_{ms} - P_m)}{V(100 + W)} * 100 \dots \dots \dots (25)$$

Dónde:

- Ds = Máxima densidad seca.
- Pms = Peso del molde más muestra compactada.
- Pm = Peso del molde.
- V = Volumen de la muestra.
- W = Contenido de humedad en porcentaje.

Las pruebas de compactación de laboratorio son principalmente de dos tipos: estáticas y dinámicas.

Las pruebas de compactación estáticas son aquellas en que se compacta el espécimen con una presión que se proporciona al material por medio de una placa que cubre la superficie libre del molde y cuyo principal exponente es la prueba de Proctor Estándar. Esta prueba se realiza con las siguientes características:

- Diámetro del molde : 15 cm.
- Presión estática : 140.6 Kg/cm²
- Cantidad de material : 4 Kg.

Si al terminar de dar la presión la base metálica se humedece ligeramente, se dice que el peso volumétrico seco obtenido es el máximo y la humedad correspondiente es la óptima.

Si no se humedece la base se repetirá la prueba con mayor humedad; pero si la expulsión es grande la cantidad de agua que se use será menor.

Las pruebas de tipo dinámico son aquellas en las que el espécimen se elabora compactando el material por medio de pisones, que tienen un área de contacto menor a la sección libre del molde que se usa, el ejemplo típico de las pruebas de este tipo es la Proctor Estándar, que se realiza con las siguientes características:

- Diámetro del molde : 10.2 cm.
- Peso del pisón: 2.5 Kg. (5lb.)
- Altura de caída : 30.5 cm.
- Número de capas : 3
- Número de golpes : 25

La AASHTO especifica otras pruebas de tipo dinámico denominadas: modificada tres capas y modificada cinco capas, para las cuales se usan moldes de 15.3 cm. de diámetro y pisonos de 4.54 Kg. con altura de caída de 45.7 cm y con 56 golpes cada capa.

2.5.2.18.6 Ensayos de resistencia.

Según *Braja M. Das*, “La resistencia cortante de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. Los ingenieros deben entender la naturaleza de la resistencia cortante para analizar los problemas de la estabilidad del suelo, tales como capacidad de carga, estabilidad de taludes y la presión lateral sobre estructuras de retención de tierras”.

a. Carga – Penetración (California Bearing Ratio CBR).

Este ensayo establece una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte como base de sustentación de un pavimento.

El número CBR se obtiene como el porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en la muestra compactada, dividido con el esfuerzo para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad, en una muestra patrón de piedra triturada y compactada. En forma de ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$CBR(\%) = \frac{Carga\ Unitaria\ del\ ensayo}{Carga\ Unitaria\ Patrón} * 100 \dots \dots \dots (26)$$

Para el diseño de obras viales, el CBR que se utiliza es el valor que se obtiene para una penetración de 0.1” a 0.2”, considerando el mayor valor obtenido.

Tabla 17:
Valores correspondientes a las muestras patrón
(Macadam).

UNIDADES METRICAS		UNIDADES INGLESAS	
Penetración (mm)	Carga Unit. (kg/cm ²)	Penetración (mm)	Carga Unit. (kg/cm ²)
2.54	70.31	0.1	1000
5.08	105.46	0.2	1500

Fuente: MTC, Carretera, Calles y Aeropuertos

Tabla 18:
Clasificación Típica de CBR

CBR (%)	CLASIFICACION
< 3	Muy pobre
3 - 5	Pobre
6 - 10	Regular
11 - 19	Bueno
Mayor a 20	Excelente

Fuente: Ministerio Transporte y Comunicación.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (**MTC**), recomienda para la elección del CBR de un suelo debe tener las características siguientes: “El CBR de la capa superficial debe ser mayor de 40%, siendo deseable que sea de 60% para los casos de excesivo tráfico de vehículos pesados (ómnibus y camiones).

Dada la variabilidad que presentan los suelos (aún dentro de un mismo grupo de suelos y en un sector homogéneo), así como los resultados de los ensayos de CBR (valor soporte del suelo), se efectuará un mínimo de 6 ensayos de CBR por sector homogéneo del suelo, con el fin de aplicar un criterio estadístico para la selección de un valor único de soporte del suelo.

En caso de que en un determinado sector se presente una gran heterogeneidad en los suelos de subrasante que no permite definir uno como predominante, el diseño se basará en el suelo más débil que se encuentre.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (**MTC**), asume que el valor del CBR de diseño por sector homogéneo, se determinará según lo siguiente:

- Si el sector homogéneo presenta para el período de diseño un número de repeticiones de EE 8.2 ton., menor de 1 x 105, el CBR de diseño será aquel que represente al percentil 60% de los valores de CBR.
- Si el sector homogéneo presenta un número de repeticiones de EE 8.2ton. Entre 1 x 105 y 1 x 106: el CBR de diseño será aquel que represente al percentil 75% de los valores de CBR”.

b. Ensayo de Desgaste por Abrasión (Para muestras de Cantera).

Para este ensayo utilizamos la Máquina de los Ángeles, este ensayo consiste en determinar el desgaste por Abrasión del agregado grueso, previa selección del material a emplear por medio de un juego de tamices apropiados.

De **Valles Rodas, Raúl** se extrae lo siguiente: “La carga abrasiva consiste en esferas de acero, cada una de ellas debe tener un diámetro de 46.8 mm y pesar entre 390 y 445 gr. La carga abrasiva a colocarse dentro del tambor rotatorio dependerá de la granulometría a ensayarse.

El agregado grueso se introduce en la Máquina de los Ángeles junto con la carga abrasiva. Se hará girar l tambor a una velocidad de 25 a 30 r.p.m. tratando en lo posible de alcanzar una velocidad uniforme”.

Tabla 19:
Carga abrasiva, máquina de los ángeles

Granulometría	N° de Esferas	Peso de la carga (gr)
A	12	500±25

Fuente: Carreteras, Calles y Aeropuertos

Tabla 20:
Granulometría

TAMICES				GRANULOMETRÍA
PASA		RETENIDO EN		A
Mm	Pulg.	Mm	Pulg.	
37.5	1½	25	1	1250 ± 25
25	1	19	¾	1250 ± 25
19	¾	12.5	½	1250 ± 10
12.5	½	9.5	3/8	1250 ± 10
9.5	3/8	6.3	¼	-
TOTAL				5000 ± 10

Fuente: Ministerio Transporte y Comunicación.

Luego de alcanzar 500 r.p.m. se retira el material del tambor y se lo cierne en un tamiz mayor al N° 12, la porción más fina se lo cierne en el tamiz N° 12, considerándose la porción retenida en este tamiz el peso final de la muestra, se calcula el porcentaje de desgaste del material según la fórmula:

$$D\% = \frac{\text{Peso.inicial} - \text{Peso.Final}}{\text{Peso.Inicial}} * 100 \dots \dots \dots (27)$$

Tabla 21:
Porcentajes de desgaste para evaluar los resultados del ensayo de desgaste de abrasión

D%	TIPO DE ENSAYO	UTILIDAD
30	A.A.S.H.O T – 96	Para todo uso
50	A.A.S.H.O T – 96	Para Capa de Base
60	A.A.S.H.O T – 96	Para Capa e Sub base
Mayor de 60	A.A.S.H.O T - 96	No sirve el material

Fuente: Carreteras, Calles y Aeropuertos

2.5.2.18.7 Ubicación y estudio de canteras.

Según **J.GARBER, NICHOLAS, A.LOEL, LESTER**, se tiene:

Los materiales de cantera son básicos para la construcción de carreteras y vías urbanas. Tienen que soportar los principales esfuerzos que se producen en la vía y han de resistir el desgaste por rozamiento de la superficie. Por tales motivos es importante conocer las propiedades y características de las canteras.

A. Ubicación:

Para la ubicación de las canteras se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tienen que ser los más fácilmente accesibles y los que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes y menos costosos.
- Tienen que ser los que produzcan las mínimas distancias de acarreo de los materiales a la obra.
- Tienen que ser los que conduzcan a los procedimientos constructivos más sencillos y económicos durante su tendido y colocación final en la obra, requiriendo los mínimos tratamientos.
- Los bancos deben estar localizados de tal manera que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil o lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la región.

Según **P. Galabru** “la elección del yacimiento o zona de cantera está condicionada por:

- La naturaleza de la piedra o agregado.
- La importancia de los terrenos inútiles que recubren el yacimiento explotable.

- El espesor de los estratos explotables, su pendiente.
- La importancia del material inútil entre estratos.
- La posibilidad de localizar en la masa explotable un frente de longitud y altura tales que se pueda dar la producción diaria necesaria.
- La situación respecto a las aglomeraciones habitadas y las vías de comunicación.
- Los accesos y los medios de comunicación”.

GALABRU P. T, así mismo recomienda, “la no explotación de una cantera con capas de diferente naturaleza, algunas de ellas indeseables, plantea un problema de clasificación muy difícil de resolver como no sea a mano, lo que obstaculizaría la mecanización y por consiguiente los grandes rendimientos la cual conduce a precios de costos elevados. Cuando el espesor del estrato es suficiente, es posible prever la explotación separada de los distintos estratos”.

Al hacer la elección de la cantera es necesario elegir aquella en la que la proporción de los materiales inútiles sea mínima.

Ibañez, Walter, “indica que los ensayos de los materiales deberán de ser dos tipos:

- Estrato por estrato.
- El conjunto de Materiales.

Así mismo, agrega que los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de canteras de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para Carretera del MTC: Análisis”.

2.5.2.18.8 Hidrología y drenaje

El sistema de drenaje de una carretera tiene esencialmente dos finalidades:

- a) Preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma de la carretera eliminando el exceso de agua superficial y la subsuperficial con las adecuadas obras de drenaje.
- b) Restituir las características de los sistemas de drenaje y/o de conducción de aguas (natural del terreno o artificial construida previamente) que serían dañadas o modificadas por la construcción de la carretera y que sin un debido cuidado en el proyecto, resultarían causando daños, algunos posiblemente irreparables en el medio ambiente.

Hidrológica y cálculos hidráulicos

Las dimensiones de los elementos del drenaje superficial serán establecidas mediante métodos teóricos conocidos de acuerdo a las características hidrológicas de la zona por la que pasa la carretera y tomando en cuenta la información pluviométrica disponible.

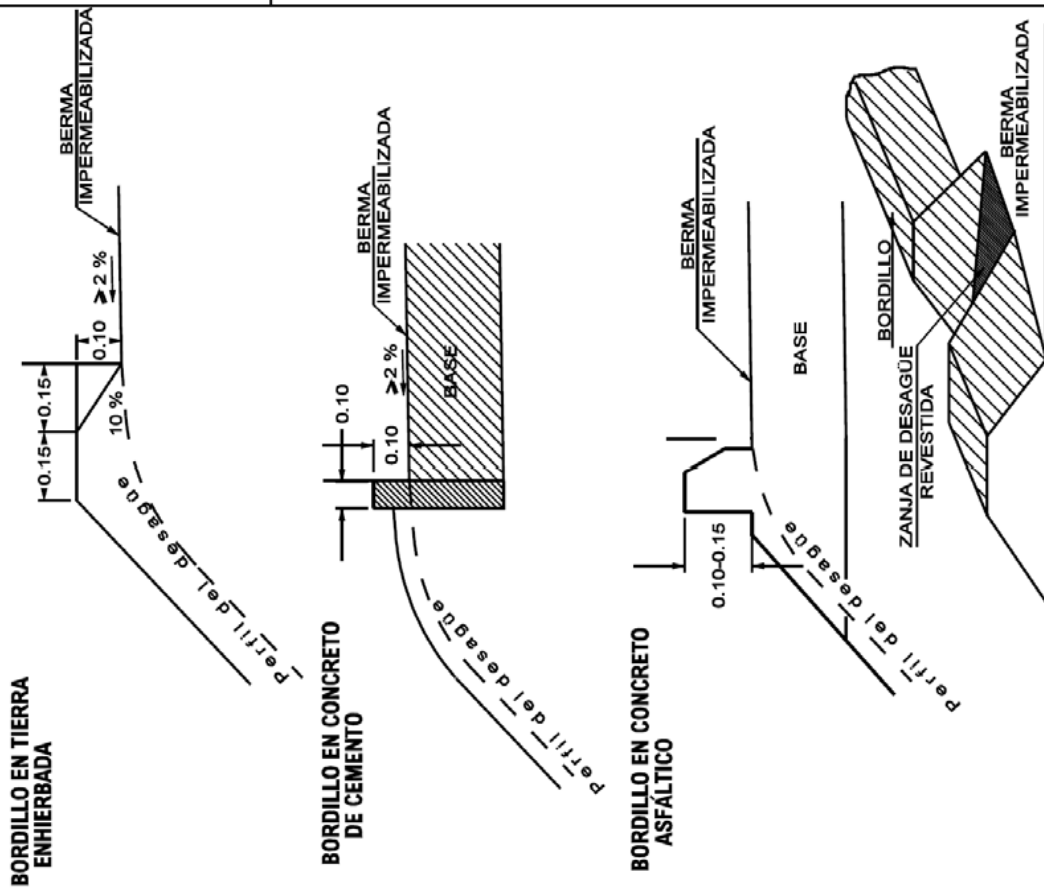
El método de estimación de los caudales asociados a un período de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca tributaria. Por su naturaleza representan casos especiales la presencia de lagos, embalses y zonas inundables que retengan o desvíen la escorrentía.

Cuando las cuencas son pequeñas, se considera pertinente el método de la fórmula racional y/o de alguna otra metodología apropiada para la determinación del caudal de diseño. Se consideran cuencas pequeñas a aquellas en que el tiempo de concentración es igual o menor a 6 horas.

Función del bombeo y del peralte

La eliminación del agua de la superficie de rodadura se efectúa por medio del bombeo en las secciones en tangente y del peralte en las curvas horizontales, provocando el escurrimiento de las aguas hacia las cunetas (figura 4.1.3.1), Grafico 13 y 14.

Figura 4.1.3.2
DESAGÜE SOBRE LOS TALUDES EN RELLENO



NOTA: LAS DIMENSIONES SE ENCUENTRAN EXPRESADAS EN METROS, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

Figura 4.1.3.3a
CUNETA REVESTIDA

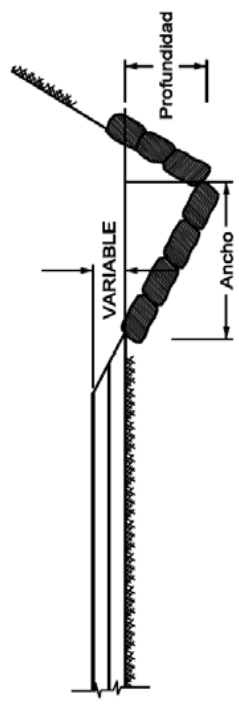
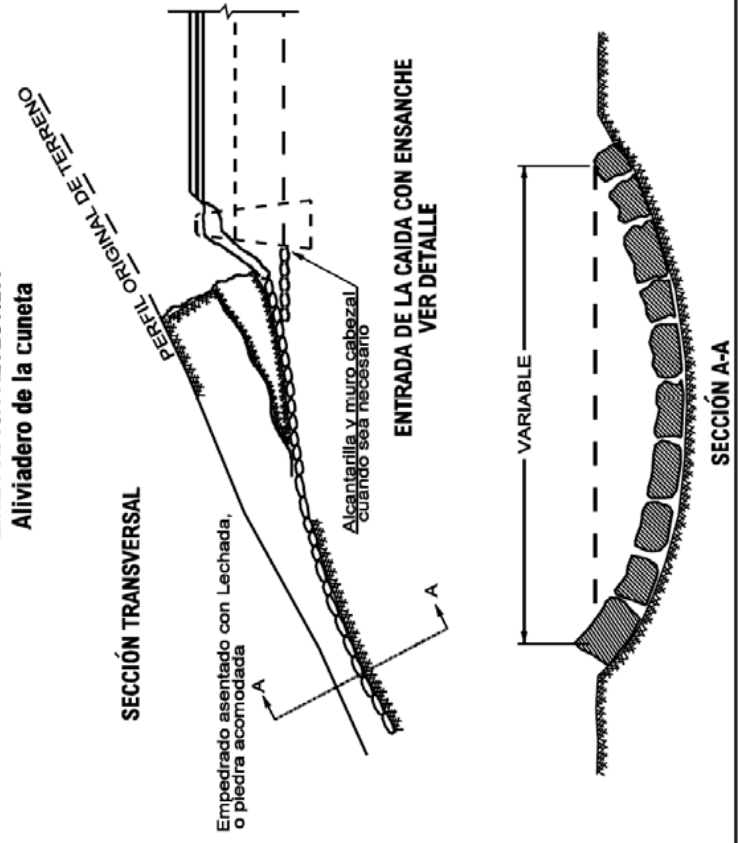
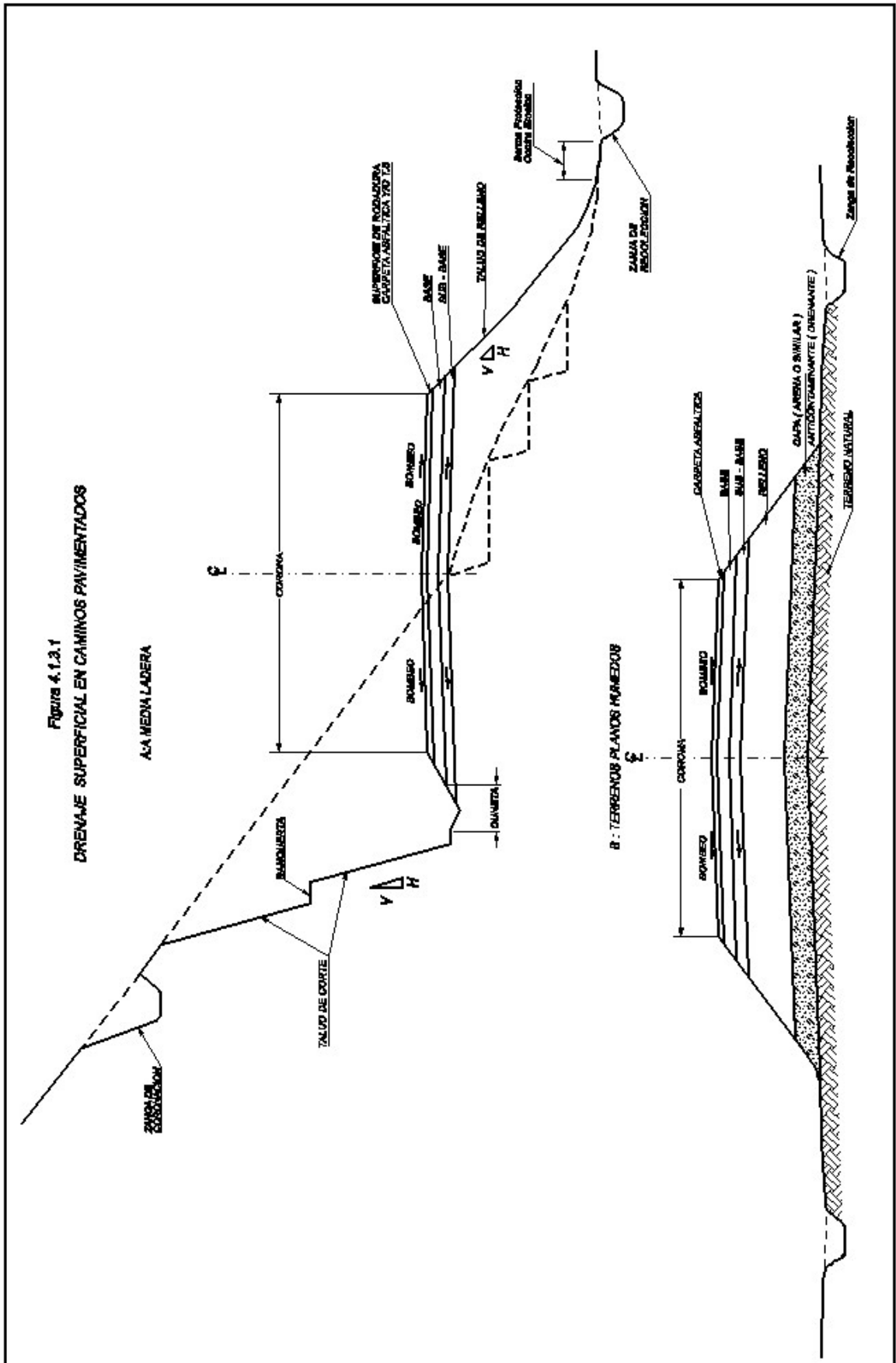


Figura 4.1.3.3b
LÍNEA TÍPICA REVESTIDA
Aliviadero de la cuneta





2.5.3 Marco histórico

Sabemos que hoy en la actualidad en nuestro país las vías de comunicación terrestre son requisitos indispensables para la realización de las principales actividades humanas y para el desarrollo de los pueblos. En ese sentido, el desarrollo de una nación depende en gran medida de la extensión y el estado de su red vial. En efecto, los caminos y carreteras condicionan a la capacidad y velocidad de movilización de personas y carga, que repercuten directamente en el progreso social, político y social.

2.6 Hipótesis

El “Estudio Definitivo del Camino Vecinal empalme SM-569 (Puente Yuracyacu) – Sector Limones, a nivel de afirmado distrito de Moyobamba – San Martín” permitirá contar con el Expediente Técnico para tramitar el financiamiento y que al ser ejecutado mejorará las condiciones socio - económicas de las poblaciones aledañas al proyecto.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

3.1.1 Recursos humanos

- ✓ 02 bachilleres en Ingeniería Civil.
- ✓ Asesor.
- ✓ Jaloneros.
- ✓ Wincheros.

3.1.2 Recursos materiales y servicios

- ✓ Material bibliográfico.
- ✓ Material de escritorio.
- ✓ Movilidad y viáticos.

3.1.3 Recursos de equipos

- ✓ 01 Computadora.
- ✓ 01 Calculadora científica.
- ✓ 01 Teodolito Marca Wild T-01.
- ✓ 01 Estación Total TOPCON 3105w de 5" de precisión.
- ✓ 01 Cámara digital.

3.2 Metodología de la investigación

3.2.1 Universo y/o muestra

Universo: Carreteras de la Región San Martín

Muestra: Camino Vecinal empalme SM – 569 (Puente Yuracyacu) – Sector Limones, a nivel de afirmado distrito Moyobamba – Provincia Moyobamba – San Martín.

Población: Localidades de Yuracyacu, sector Limones y los caseríos Domingo Puesto y Pueblo Libre.

3.2.2 Sistema de variables

Para probar la Hipótesis planteada, será necesario obtener los siguientes datos:

Variable Independiente:

- Situación socio - económica actual.
- Infraestructura vial existente.
- Aplicación de estudios de ingeniería.

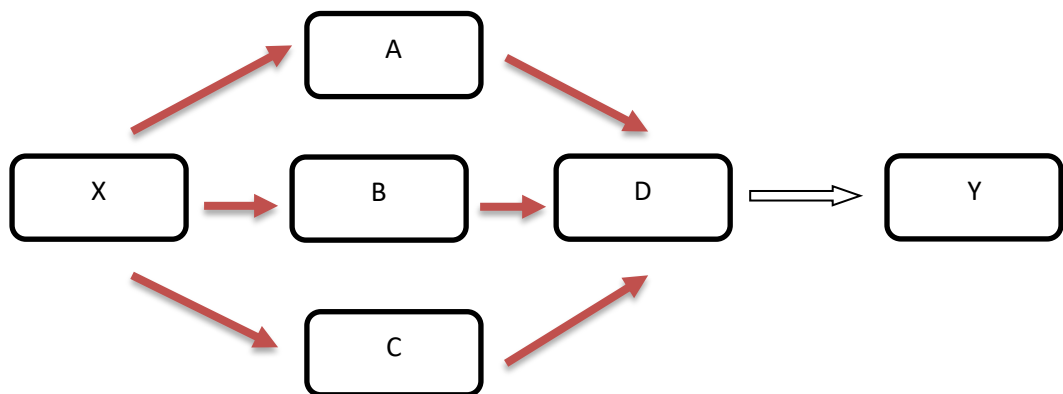
Variables Dependientes:

Estudio definitivo Camino Vecinal empalme SM – 569 (Puente Yuracyacu) – Sector Limones, a nivel de afirmado distrito Moyobamba – Provincia Moyobamba – San Martín

3.2.3 Tipos y nivel de la investigación

Tipo: investigación aplicada

Nivel: Básico

3.2.3.1 Diseño del método de la investigación

X: *Situación inicial problematizada que requiere la intervención de estudio.*

A: Aplicación de estudio socio - económico para conocer la necesidad.

B: Estudios de Ingeniería para levantar información requerida.

C: Estudios especiales para complementar la información.

D: Estudios de compatibilidad de procesos y alternativas que respaldan la toma de decisión para definir la alternativa de solución.

Y: *Resultado de la intervención que presenta la alternativa de solución del estudio definitivo.*

3.2.4 Diseño de instrumentos

El levantamiento topográfico del Camino Vecinal será utilizado en la elaboración de los planos de planta, perfil y secciones del tramo en estudio.

3.2.4.1 Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos

Se utilizó Bibliografía Variada y adecuada para la Investigación, las cuáles se detallan en el marco teórico y en las referencias bibliográficas.

3.2.5. Procesamiento de la información

Los Procesamientos y presentación de Datos se hizo de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas de Diseño de Carreteras, y utilizando cálculos estadísticos adecuados con la finalidad de obtener resultados satisfactorios.

Con respecto al estudio de suelos realizado se utilizó el CBR en el diseño del espesor del pavimento y la calidad del agregado en la conformación de la subrasante y afirmado, los cuales se presentan en los diferentes anexos del presente estudio.

3.2.5.1 Diseño de pavimento

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de grava o afirmado, se desarrolló el método de NAASRA.

3.2.5.2 Métodos NAASRA

Basada en la ecuación empírica que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado expresado en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes:

$$e = \left[219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 \right] * \log_{10} * (Nrep / 120)$$

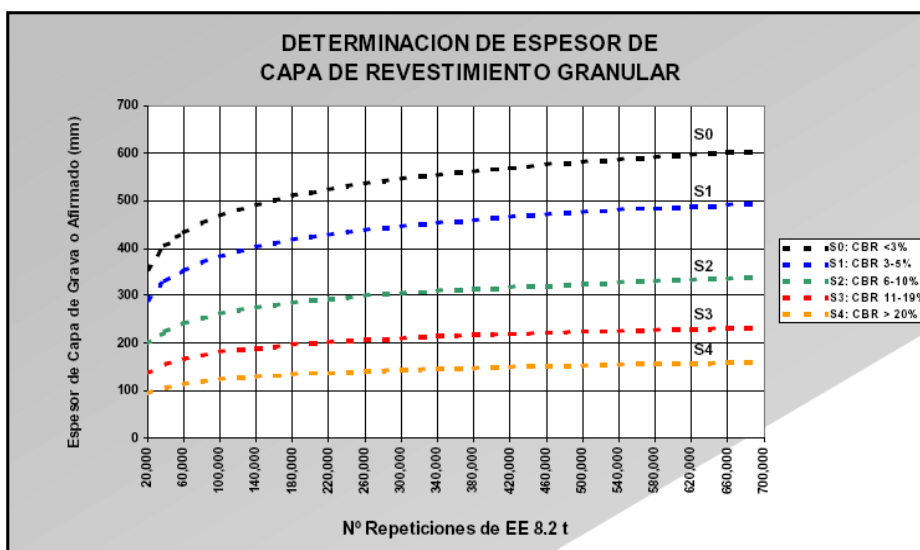
Donde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = valor del CBR de la subrasante.

Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Grafico N°17 Determinación de espesor de capa de revestimiento granular



Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA

3.2.5.3 Cálculos del índice medio de tráfico

La proyección del tránsito de los vehículos del área de influencia de la carretera vecinal en estudio corresponde para un horizonte de planeamiento de 10 años, establecido para este tipo de proyectos y expresado en términos de Índice medio Diario IMD.

La proyección se ha realizado tomando como referencia el tráfico base de los vehículos de pasajeros (vehículos ligeros), considerando la tasa promedio de crecimiento de la población del área de influencia directa del proyecto, que es de 3.5% promedio anual para el horizonte de planeamiento del proyecto, al que se le incrementará en un 100% debido a los trabajos de mejoramiento del camino vecinal y porque se está dando un repoblamiento en la zona. Por lo tanto, la Tasa de Crecimiento adoptada para vehículos ligeros es de 3.50%. Para los vehículos pesados se ha estimado en función al comportamiento de la actividad económica predominante en el área de influencia, la tasa de crecimiento asumida de manera conservadora es de 5.5 %.

En la proyección del tráfico generado, se ha estimado que la ejecución del proyecto dará un impacto a la actividad económica de relativo orden de importancia, que impulsará a la población a incrementar sus áreas de cultivos disponibles, que le permitirá tener un excedente exportable mayor a la situación actual, pero que no amerita un análisis del método del excedente del productor. Por lo que se considera un 30 % del tráfico normal.

3.2.5.4 Clasificación de los suelos

Trabajos de Laboratorio

Ensayos Estándar

Con las muestras obtenidas, en la excavación realizada, se ha verificado la clasificación visual y efectuándose en el laboratorio los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico.
- Límites de Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico)
- Clasificación SUCS y AASHTO.
- Contenido de Humedad.
- Relación Densidad-Humedad.
- Peso Volumétrico.
- Próctor Modificado.
- Valor Relativo de Soporte (C.B.R.)

Los ensayos señalados fueron realizados en concordancia con las normas ASTM respectivas, y los resultados de las características de los suelos; obtenidos han sido comparados con las que se obtuvieron en el campo, en la clasificación visual, compatibilizándolas en los casos necesarios para obtener los perfiles definitivos de los suelos; los que se presentan adjuntos.

Los resultados, conclusiones y recomendaciones derivadas del presente informe, se incluyen en los acápites correspondientes; así como los cuadros, gráficos y perfiles adjuntos.

3.2.6 Análisis de los resultados

Después de haber realizado los trabajos de campo y el desarrollo de las exploraciones del trazo existente, así como los resultados obtenidos en el laboratorio, se ha efectuado la identificación de los suelos de la sub-rasante. En consideración a los sectores observados se han considerado pertinente describir el análisis de los resultados de los ensayo de laboratorio de la forma siguiente:

Superficie de Rodadura

La superficie de rodadura se encuentra en regular a mal estado, apreciándose que el afirmado existente se encuentra totalmente disgregado y contaminado, habiendo perdido sus características físicas y mecánicas por acción del tránsito vehicular así como por la escorrentía superficial producto de las precipitaciones.

Estas condiciones han sido provocadas por las precipitaciones intensas cíclicas que se dan en la zona de selva, que ocasionan que los componentes finos de la capa de afirmado se “laven” dejando expuestos los elementos granulares que son disgregados por el paso de los vehículos; este impacto de las lluvias sobre el afirmado se potencia por la baja calidad del material del afirmado, que contiene un elevado porcentaje de finos, lo que determina su alta susceptibilidad a las precipitaciones.

En términos generales y en consideración al buen estado del afirmado existente, así como a la disimilitud observada en los espesores de dicha capa, debemos aprovechar un eventual aporte estructural de la capa de afirmado.

Se ha evaluado preliminarmente esta superficie a efectos de considerar su posible uso como parte de la plataforma de diseño y considerar su integración a la estructura del pavimento, concluyéndose que no es factible en ningún caso debido a que dicho afirmado (en los sectores donde existe) ha perdido sus características físicas y mecánicas que debe tener el material de afirmado, así como encontrarse disturbado y, en algunos sectores, contaminado con materia orgánica.

Sub rasante.

Como sabemos, se denomina subrasante a las capas que se encuentran debajo de la estructura del pavimento, en el presente caso, considerando que en la mayor parte del camino estudiado el afirmado se encuentra en mal estado o no existe, se determina que la actual superficie de rodadura puede ser considerada como superficie de la sub-rasante, debiéndose efectuar labores de perfilado y/o “raspado” de la actual superficie.

En todo caso, para efectos de evaluación y diseño, se ha considerado como sub-rasante a los estratos que componen el suelo natural y que se encuentran debajo del nivel de perfilado proyectado. En todos los casos, las profundidades estudiadas son mayores a 1.50 m por debajo del nivel de corte o explanación proyectada, no habiéndose detectado nivel freático en ninguna de las calicatas excavadas.

3.2.7 Estudio de impacto ambiental

El estudio de Impacto ambiental para el Mejoramiento del Camino Vecinal, se ejecutó dentro del marco de normatividad ambiental estipulada para la Rehabilitación y Mejoramiento de Caminos Vecinales.

Se ejecuta mediante la secuencia de las siguientes actividades:

- Descripción del proyecto: comprende el análisis de los diseños, procesos y actividades del proyecto, ya sea durante su mejoramiento así como durante su operación.
- Evaluación sistemática: Comprende la caracterización ambiental del área por donde discurre el Camino vecinal, y su ámbito de influencia, mediante la identificación de sus componentes ambientales.
- Análisis Ambiental: Comprende la identificación y evaluación de las probables alteraciones que puedan ocurrir, como resultado de los trabajos de Mejoramiento y su repercusión en parámetros ambientales.
- Gestión Ambiental: Se establece dentro del marco de las leyes y normatividad vigentes así como de la responsabilidad de las organizaciones competentes. En tal sentido se estipulan las acciones a desarrollar en el marco del plan de manejo ambiental.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1.- Estudios básicos de topografía.

El plano topográfico es la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, y edificaciones existentes, puestas por el hombre. El relevamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes cotas o elevaciones de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel, a escalas convenientes para la interpretación del plano y para la adecuada representación del camino y de las diversas estructuras que lo componen.

Por tratarse de un Estudio Definitivo, los planos topográficos han sido referidos a los controles terrestres de la cartografía oficial, tanto en ubicación geográfica como en elevación, por lo cual se señala en el Plano Clave el Hito Datum o BM tomado como referencia. Por ello, el trazado ha sido referido a las coordenadas señaladas en el plano, mostrando en las tangentes, el azimut geográfico y las coordenadas referenciales de Pis, PCs y PTs, etc.

El levantamiento topográfico se ejecuta en una estrecha franja del territorio, a lo largo de la localización proyectada para el camino y su derecho de vía. Para el caso de mejoramiento de una vía se utilizara el levantamiento restringido a prácticamente el derecho de vía de camino con el estacado preliminar, a este método se le denomina “Trazado Directo”.

Definida la ruta por el camino existente, fijado el punto de partida y los puntos obligados de paso, se procede a realizar el levantamiento topográfico en su Primera Fase: Trabajo de Campo. Para ello, se ha trazado una poligonal abierta con el empleo de una estación total, instalando en campo los puntos de intersección de los alineamientos (Pis), tanto horizontales como verticales, para luego trazar un eje preliminar de carretera con la inclusión de curvas horizontales y curvas verticales cóncavas y convexas; respetando los criterios establecidos por Normas. Para efectos de obtener la configuración de una faja de terreno de 20m como mínimo se ha seccionado el eje trazado en campo cada 20m en tramos en tangente, así como cada 10m en las curvas horizontales con radios inferiores a 100m, en caso de quiebres de la topografía se tomaron secciones adicionales en los puntos de quiebre.

Asimismo se instaló un BM de control por Kilómetro utilizando una nivelación de tercer orden, nivel de precisión suficiente para efectos de facilitar su posterior replanteo, para cada

uno de los puntos de control se realizó un circuito de cierre para la corrección del error acumulado por el Método de Mínimos Cuadrados. A continuación se presenta en Cuadro adjunto la relación de BMs fijados en el campo.

Tabla 22:
Ubicación de BMS ubicadas en el campo

BM N°	PROGRESIVA	COTAS	REFERENCIAS
1	0+029.77	723.337	Lado Derecho de la Vía
2	0+511.71	719.041	Lado Izquierdo de la Vía
3	0+974.58	719.355	Lado Izquierdo de la Vía
4	1+472.37	720.203	Lado Izquierdo de la Vía
5	1+928.34	719.286	Lado Izquierdo de la Vía
6	2+529.38	717.747	Lado Izquierdo de la Vía
7	2+995.43	717.041	Lado Derecho de la Vía
8	3+496.00	715.822	Lado Derecho de la Vía
9	4+030.71	717.173	Lado Izquierdo de la Vía
10	4+464.10	717.173	Lado Derecho de la Vía
11	5+224.86	716.737	Lado Derecho de la Vía
12	5+514.34	715.316	Lado Izquierdo de la Vía
13	6+001.31	715.493	Lado Derecho de la Vía
14	6+485.95	714.416	Lado Izquierdo de la Vía
15	7+013.26	714.781	Lado Izquierdo de la Vía
16	7+245.45	714.654	Lado Derecho de la Vía

Fuente: Elaboración propio

En su Segunda Fase: Trabajo de Gabinete, se procedió a procesar la información en el software especializado denominado AIDC y CIVIL 3D, para obtener finalmente una configuración de terreno con curvas de nivel y secciones transversales estacadas, con esta información se procedió a trazar la rasante de diseño y efectuar ajustes en el trazo geométrico para dar lugar al eje definitivo con sus respectivas secciones transversales, se incluyó la “caja de diseño” en función del ancho de plataforma considerado y variable según su condición de corte o relleno y su talud de reposo en la ladera correspondiente.

4.2.- Diseño geométrico de la vía

El primer parámetro a definir para iniciar el proceso del Diseño Geométrico de la Vía es la Velocidad Directriz; para ello, se ha tenido en cuenta que esta vía corresponde a una Carretera Vecinal Troncal desarrollada en una longitud de 7.28 Km sobre una pendiente

longitudinal promedio de pendientes moderadas, con un inicio de tramo en el EMP. SM - 569, pasando el Puente Yuracyacu, hasta llegar al Sector Limones.

Asimismo, otro parámetro a tener en cuenta es el IMDA (Índice Medio Diario Anual), el cual se incrementa en función del crecimiento anual del Tráfico Normal y Tráfico Generado. En efecto, y luego de analizadas las características topográficas de la zona, se adopta VELOCIDAD DIRECTRIZ 30 Km/h mínima y uniforme para todo el tramo, respetando lo establecido por el Perfil que considera una velocidad directriz en el rango 30 Km/h a 40 Km/h.

Definida la velocidad del diseño para la circulación del tránsito automotor, se procederá al diseño del eje del camino, siguiendo el trazado en planta compuesto por tramos rectos (en tangente) y por tramos de curvas circulares, y espirales de ser el caso; similarmente del trazado vertical, con tramos en pendientes rectas y con pendientes curvilíneas, normalmente parabólicas.

4.2.1 Alineamiento horizontal

Se realizó el alineamiento del camino lo más cercano posible a la vía ya existente, adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambio de dirección, el trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición.

4.2.2 Curvas horizontales

El radio mínimo de la curva es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción, para una velocidad directriz determinada.

En general se deberá tratar de usar curvas de radio amplio, reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas, tal como se muestra en el siguiente cuadro

Tabla 23:
Radios mínimos empleados en el trazo

PI N°	KM	Radio(m)
38	5+710.209	30
36	5+484.255	35
10	1+485.396	40

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Peralte en curvas horizontales

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de camino en curva con relación a la parte interior del mismo, con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza

centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas. Sin embargo, el Manual recomienda que en caminos con IMDA inferior a 200 veh/día y la velocidad directriz igual o menor a 30 Km/h, el peralte de todas las curvas podrá ser igual a 2.5%.

La variación de la inclinación de la sección transversal desde la sección con bombeo normal en el tramo recto hasta la sección con el peralte en pleno, se desarrolla una longitud de vía denominada transición.

La longitud de transición del bombeo es aquella en la que gradualmente se desvanece el bombeo adverso. Se denomina Longitud de Transición de Peralte a aquella longitud en que la inclinación de la sección gradualmente varía desde el punto en que se desvanecido totalmente el bombeo adverso hasta que la inclinación corresponde a la del peralte. En el

Tabla 24:

Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte

Velocidad Directriz (Km/h)	Valor de Peralte						Transición de Bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud de Transición de Peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	66	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14

Fuente: Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de bajo volumen de Tránsito

(*) Longitud de transición basada en la rotación de un carril

presente Proyecto, se han considerado los peraltes en curvas horizontales según el siguiente criterio:

Tabla 25:

Peraltes empleados en curvas horizontales

RANGO DE VALORES DE RADIOS	Peralte
Menor o igual a 10m	8%
Mayor a 10m y Menor a 30m	7%
Mayor o igual a 30 y Menor a 40m	6%
Igual o Mayor a 40m y Menor a 60m	5%
Igual o Mayor a 60m y Menor a 80m	4%
Igual o Mayor a 80m y Menor a 120m	3%
Igual o Mayor a 120m y Menor o Igual a 150m	3%
Mayor a 150m	0%

Fuente: Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de bajo volumen de Tránsito

4.2.4 Sobreancho de la calzada en curvas circulares

La calzada se incrementa en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes.

En las curvas el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos; así mismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril.

En el Cuadro, se presentan los sobreanchos requeridos para calzadas de doble carril:

Tabla 26:

Sobreancho de la calzada en curvas circulares (M) (Calzada de dos carriles de circulación)

Velocidad Directriz (Km/h)	Radio de Curva (m)																		
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000		
20	11.9	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.7	0.55	0.39	0.3	0.25	0.18	0.14		
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.3	0.22	0.18		
40					2.68	2.2	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.5	0.4	0.34	0.25	0.21		
50								1.57	1.31	1.1	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24		
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.5	0.43	0.33	0.27		
70										1.51	1.27	1.11	0.9	0.67	0.55	0.48	0.36	0.3	
80													1.19	0.97	0.73	0.6	0.52	0.4	0.33

Fuente: Cuadro 3.2.7 del Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito

Por otro lado, el Manual recomienda, para velocidades de diseño menores a 50 Km/h, no se requerirá de sobreancho cuando el radio de curvatura sea mayor de 500m, tampoco se requerirá sobreancho cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 Km/h – 60 Km/h y el radio de curvatura sea mayor a 800m.

4.2.5 Alineamiento vertical

En el diseño vertical el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales los une rectas, que constituyen las tangentes.

En terreno del proyecto la rasante se acomodará al relieve del terreno, por economía, evitando los tramos en contrapendiente cuando deba vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera.

Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica, podrán emplearse en el trazado cuando resulta indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera.

4.2.6 Curvas verticales

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 2% para carreteras afirmadas. Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la visibilidad de una distancia igual a la de visibilidad de parada, y cuando sea razonable mayor a la distancia de visibilidad de paso.

Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el Índice de Curvatura “K”. La longitud de curva vertical será igual al Índice “K” multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (A).

$$L = K.A$$

Los valores de los Índices “K” se muestran en el Cuadro, para curvas convexas y en el siguiente Cuadro para curvas cóncavas.

Tabla 27:

Índice “k” Para el Calcula de la Longitud de Curva Vertical Convexa

Velocidad Directriz Km/h	LONGITUD CONTROLADA POR VISIBILIDAD DE FRENADO		LONGITUD CONTROLADA POR VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO	
	Distancia de Visibilidad de frenado m.	Índice de Curvatura K	Distancia de Visibilidad de adelantamiento	Índice de Curvatura K
20	20	0.6	-	-
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338

Fuente: Cuadro 3.2.2a del Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito

4.2.7 Pendiente longitudinal

En los tramos en corte se evitará, preferiblemente, el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%.

En general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados en el Tabla 28

Tabla 28:
Pendientes máximas

Orografía Tipo	Terreno Plano	Terreno ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad de Diseño				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7

Fuente: Cuadro 3.3.3a del MPDCNPBVT - MTC

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor a 5%, se proyectará cada 3 Km, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500m, con pendiente no mayor de 2%. Se determinará la frecuencia y ubicación de estos tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas y los menores costos en la construcción.

En general, cuando se emplee pendientes mayores al 12%, el tramo con ésta pendiente no debe exceder a 180m. Asimismo, es deseable que la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000m no supere el 6%.

En curvas horizontales con radios menores a 50m, deben evitarse pendientes en exceso a 8%, debido a que la pendiente en el lado interior de la curva se incrementa muy significativamente.

En el presente Proyecto, se han considerado pendientes hasta 8% con la finalidad de no propiciar grandes volúmenes de corte y tratando en lo posible que no excedan 180 m continuos de trazo. Asimismo, se ha considera pendiente longitudinales menores al 0.5%, por lo que la pendiente de las cunetas tendrán una pendiente mínima de 2%, con un bombeo del 3% como recomienda el Manual.

4.3 Hidrología y drenaje

4.3.1 Introducción

El drenaje superficial de la carretera tiene por finalidad manejar en forma adecuada el agua proveniente de las precipitaciones, así mismo evitar el deterioro de la carretera para lograr un adecuado mantenimiento a fin de brindar un buen servicio de transporte.

El manejo de agua se logra haciendo uso de un adecuado diseño y dimensionamiento

estructura hidráulica y estructura de la carretera. Si hablamos de estructura de la carretera nos referimos a bombeos y pendientes.

A lo largo del camino vecinal en estudio, se tiene que entre las progresivas Km. 5+00 - Km. 7+280 son proclives a inundaciones por la crecida del río Mayo y la presencia de canales y arrozales que hacen que el suelo permanezca constantemente saturados, estos fenómenos se producen mayormente en épocas de lluvias.

Ubicación:

Localidades	: Sector Limones, Yuracyacu, Domingo Puesto; Valle la Conquista, Pueblo Libre
Distrito	: Moyobamba
Provincia	: Moyobamba
Región	: San Martín

El Proyecto de Mejoramiento del Camino Vecinal EMP. SM – 569 (Puente Yuracyacu) – Sector Limones se encuentra ubicado en el Departamento de San Martín, Provincia de Moyobamba, Distrito de Moyobamba.

La ubicación geográfica del distrito de Moyobamba está dada por las coordenadas 06° 02'00" de Latitud Sur y 76°58'19" Latitud Oeste a 860 metros sobre el nivel de mar, en la región selva.

La Región San Martín se encuentra ubicado en la Selva Alta del Nor Oriente Peruano, entre los paralelos 5°24' y 8°47' de latitud sur a partir del Ecuador y los meridianos 75°27' y 77°84' de longitud Oeste. Limita por el Norte con el departamento de Loreto, por el Este con los departamentos de Loreto y Huánuco, por el Sur con el Departamento de Huánuco y por el Oeste con los departamentos de La Libertad y Amazonas. Contiene territorios de selva alta y baja

4.3.2 Ubicación de fuentes de agua

En todo el recorrido de la carretera objeto del proyecto se cuenta con puntos de captación de agua:

- Río Mayo : Progresiva 0+000 Km–7+280

4.3.3 Diseño de obras de drenaje superficial

Criterios Generales de Diseño:

A lo largo de la vía se han encontrado cauces con flujos permanentes y estacionales por lo tanto, las obras de cruce (alcantarilla) como las obras de alivio de cunetas (alcantarilla), su elección dependerá de las características del flujo, de la topografía y de la economía en el dimensionamiento de las obras de arte.

Por otro lado, las escorrentías perjudiciales a lo largo de la vía que provienen de las precipitaciones en el trayecto de la vía, condicionan al planteamiento de cunetas de base para evacuar las aguas a través de las alcantarillas de alivio y éstas a su vez a los cursos de agua que existen a lo largo de la vía.

Por lo tanto, el sistema conformado por cunetas de base que desfogan sus aguas en las alcantarillas de alivio y estas a su vez a los cursos de agua permanentes, constituyen el sistema de drenaje superficial que se planteará para el mejoramiento de la carretera.

El diseño estructural de las estructuras de drenaje se rige a lo especificado en la Norma Técnica 060. Concreto Armado, así como a lo expresado en la Norma E-030 Diseño Sismorresistente en lo que fuere aplicable.

Actualmente, las alcantarillas existentes son en su mayoría de concreto armado tipo marco, en regular estado de conservación, pero colmatadas debido a la falta de mantenimiento, perjudicando la estabilidad de algunos tramos de la vía por la reducción de la capacidad hidráulica diseñada para dichas obras de arte, por lo que se está proponiendo su cambio.

A continuación se detallan los criterios específicos para el diseño de las estructuras de drenaje superficial, planteadas con motivo del mejoramiento de la vía.

4.3.3.1 Cunetas de base:

Las cunetas tendrán en general sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de taludes de corte. Según, el manual las dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas, siendo las dimensiones mínimas aquellas indicadas en el cuadro siguiente:

Tabla 29:
Dimensiones mínimas en cunetas

Región	Profundidad (m)	Ancho (m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy Lluviosa	0.50	1.00

Fuente: Cuadro 4.3.1a MDCNPBVT – MTC

Estos elementos de drenaje superficial se proyectan con la finalidad de evacuar las aguas de precipitaciones pluviales que discurren por la calzada, a través del bombeo, se ha considerado cunetas de sección transversal de 0.30 x 0.60m con talud 1:1.5 y variable según el talud de reposo de la ladera, sin revestir a lo largo de la carretera.

Estructuras de alivio o desfogue de cunetas:

Son elementos del drenaje superficial, ubicados a distancia entre alcantarilla establecida de manera de evitar que las cunetas sobrepasen su tirante previsto de agua, teniendo en cuenta las precipitaciones previstas en la zona y a las dimensiones de la cuneta.

4.3.3.2 Descripción de obras de arte e infraestructura existentes

El presente proyecto no cuenta con obras de arte o drenaje existentes, salvo tuberías embebidas en la tierra.

Para el presente proyecto, se plantean ejecutar 01 Alcantarilla circular de Tubería de Corrugada de Polietileno de Alta Densidad D=48”, 01 Alcantarilla circular de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad D=48” de 2 Ojos, 04 Alcantarillas circulares de Tubería de Corrugada de Polietileno de Alta Densidad D=36” y 17 Alcantarillas circulares de Tubería de Corrugada de Polietileno de Alta Densidad D=24”. Todas las alcantarillas contarán con muros cabezales y alas de encauzamiento de concreto armado 175 kg/cm² debidamente protegidos en la entrada y salida mediante concreto ciclópeo, para permitir un adecuado mantenimiento posterior.

Tabla 30:
Descripción de obras de arte e infraestructura proyectadas

N°	Ubicación (Progresiva)	Tipo	(m)	Causas del Problema
1	Km. 0+170	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	7.5	Deficiente estructura de alivio
2	Km. 0+340	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	9.5	Inexistente estructura de alivio
3	Km. 0+460	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	7.5	Deficiente estructura de alivio
4	Km. 0+905	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	7.5	Deficiente estructura de alivio
5	Km. 1+440	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	7.5	Inexistente estructura de alivio
6	Km. 1+560	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	7.5	Deficiente estructura de alivio
7	Km. 2+140	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	8.6	Deficiente estructura de alivio
8	Km. 2+300	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	7.5	Inexistente estructura de alivio
9	Km. 3+151.75	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	10.5	Deficiente estructura de alivio
10	Km. 3+280	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	8.6	Deficiente estructura de alivio
11	Km. 3+372	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	7.5	Deficiente estructura de alivio
12	Km. 3+543	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 48" de 2 Ojos	8.6	Inexistente estructura de alivio
13	Km. 3+647	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 36"	10.5	Deficiente estructura de alivio
14	Km. 4+045	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	7.5	Inexistente estructura de alivio
15	Km. 4+220	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	8	Deficiente estructura de alivio
16	Km. 4+250	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	8	Inexistente estructura de alivio
17	Km. 4+485	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	8.6	Deficiente estructura de alivio
18	Km. 4+611	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	7.5	Inexistente estructura de alivio
19	Km. 4+906	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 36"	8.6	Deficiente estructura de alivio
20	Km. 5+383.4	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 36"	8.6	Inexistente estructura de alivio
21	Km. 5+606	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 48"	8	Deficiente estructura de alivio
22	Km. 6+080	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 24"	7.5	Inexistente estructura de alivio
23	Km. 7+130	Alcantarilla de Tubería Corrugada de Polietileno de Alta Densidad 36"	9	Deficiente estructura de alivio

Fuente: Elaboración Propia.

4.4 Estudio de suelos y pavimento

Generalidades

El presente Estudio de Suelos forma parte del Estudio Definitivo de Ingeniería, a nivel de Ejecución de Obra, del Proyecto: “Mejoramiento del Camino Vecinal EMP. SM – 569 (Puente Yuracyacu) – Sector Limones, a nivel de afirmado distrito de Moyobamba, Provincia de Moyobamba, Departamento San Martín”.

El Estudio de Mecánica de Suelos ha sido realizado por el laboratorio de mecánica de suelos del Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM), con fines de determinar las características del material de la sub rasante natural para el diseño de los espesores de las capas del afirmado, así como también el estudio de los materiales de préstamo, para la capa de afirmado.

Contenido del informe.

El presente informe contiene los trabajos realizados para la exploración del sub-suelo en el área de proyecto señalado en los acápite anteriores; tanto los trabajos de campo como los de laboratorio y los resultados de los análisis efectuados y conclusiones obtenidas en los ensayos realizados; necesarios para identificar la calidad del suelo sub-yacente, referidas a sus propiedades físicas y mecánicas; con fines de mejoramiento.

Los trabajos de campo han consistido, principalmente en la exploración directa, a través de excavación de calicatas a cielo abierto, con una profundidad de 1.50 m de la sub-rasante para pavimentación y con muestras representativas para su análisis.

Se incluyen, en el presente informe, los resultados de los Análisis de Laboratorio, perfiles del suelo en cada calicata, así como las conclusiones y recomendaciones.

Descripción general de la zona del proyecto.

El Camino Vecinal EMP. SM – 569 (Puente Yuracyacu) – Sector Limones, cuenta con una longitud de 7.28 Km. La sección carrozable del camino existente es variable, de 4.00 a 5.50 m, la superficie de rodadura actual es afirmado de regular a mal estado de conservación.

Como descripción del camino en proyecto, podemos señalar que casi la totalidad del eje de proyecto se desarrolla sobre el eje de la plataforma existente, habiéndose requerido variantes.

La plataforma actual presenta una sección relativamente amplia, de superficie afirmada, predominando los sectores encalaminados, con la superficie disgregada. En éste tramo existen obras de arte y drenaje de regular a mal estado de conservación.

Trabajos de campo

Reconocimiento superficial del terreno.

En forma previa a la excavación de calicatas, se ha efectuado un recorrido de reconocimiento e identificación de las áreas de mayor importancia y criticidad estableciéndose los puntos en donde se efectuarán las calicatas. Estos puntos han sido establecidos por el ingeniero de campo en concordancia con la normatividad vigente; referenciándose su ubicación a las progresivas establecidas para el trazado del eje.

Los trabajos señalados tienen la finalidad de conocer, en forma preliminar, los tipos de suelos que conforman la estratigrafía sub-yacente al área del proyecto, a través de la observación de las características y parámetros físicos y mecánicos del suelo superficial. Así mismo, este reconocimiento superficial del terreno contribuyó a una sectorización inicial, a efectos de seleccionar la obtención de las muestras que se ensayaron para la obtención del CBR.

Exploraciones de campo

Las exploraciones de campo se orientaron a la observación e identificación de los suelos, dentro de la profundidad estudiada, obteniéndose muestras representativas para su análisis en laboratorio, las mismas que han sido procesadas de acuerdo a la metodología y normatividad vigente. Para la longitud total de la carretera en proyecto (7.28 Km.) se han considerado 16 calicatas debido a la topografía, cambios de suelos y otros, de 1.50m de profundidad correspondiente a una calicata cada 500 m.

Inspección in situ

Para la observación e inspección visual en el mismo terreno, con fines de una clasificación preliminar, se ha efectuado un perfilado preliminar en cada una de las calicatas excavadas, en las que se ha efectuado la inspección in situ, determinándose las principales características de cada estrato, de acuerdo a una apreciación visual.

De conformidad con la inspección efectuada y de acuerdo al registro de campo, de la clasificación visual-manual de los suelos observados y; de acuerdo a los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), basados en la norma ASTM D-2487; se efectuó una clasificación preliminar del subsuelo, dentro de la profundidad estudiada, reconociéndose los estratos, de acuerdo a sus principales características físicas, las mismas que han sido confirmadas y/o corregidas con los resultados de laboratorio.

Esta clasificación visual realizada durante la inspección in situ, ha permitido determinar los estratos y obtener muestras representativas de cada estrato, las mismas que fueron acondicionadas para su envío al laboratorio.

Obtención de muestras (calicatas)

El programa de actividades para desarrollar el presente estudio, tiene como base los trabajos de campo; realizados para la obtención de muestras en los estratos identificados en la inspección in situ, observación de la estratigrafía y clasificación de los suelos representativos.

Estos trabajos han consistido en la excavación de un total de dieciséis (16) calicatas a cielo abierto, de 1.50 m de profundidad, ubicadas estratégicamente en las zonas adyacentes a la franja de rehabilitación de la plataforma de rodadura; las mismas que han sido codificadas en forma secuencial mediante la letra “C” y un número correlativo, a fin de identificarlas durante todo el proceso; así como la apreciación visual de la estratigrafía, consistencia natural y demás características del suelo subyacente; de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 31:
Calicatas de Muestreo en Tramo

Tramo	Long. (Km.)	N° Calicatas	Calicatas / Subtramo (Inicio - Fin)
EMP. SM – 569 (Puente Yuracyacu) – Sector Limones	7.28	16	C-01 (km 0+050) C-16 (km 7+500)

Fuente: Elaboración Propia

Estas calicatas han servido para el análisis y observación preliminar de los estratos superficiales, considerando que se han extraído muestras representativas, efectuándose un cuidadoso registro de las características predominantes de los suelos que conforman cada estrato observado, así como la clasificación visual de los materiales, de acuerdo a los procedimientos del Sistema Único de Clasificación de Suelos (SUCS) y su correlación con el sistema AASHTO, características que han sido corroborados con los resultados de los ensayos procesados en el laboratorio.

Las muestras obtenidas han sido acondicionadas en forma adecuada para su transporte al laboratorio, a fin de efectuar los ensayos correspondientes a la Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y C.B.R.

El perfilaje efectuado se ha representado en un registro de excavación para la calicata, el mismo que permite observar los tipos de suelos que conforman cada uno de los estratos y cuyos gráficos se adjuntan en el presente informe; mostrando la composición del terreno natural. Del mismo modo, se han realizado pruebas de reconocimiento manual para predefinir la consistencia del material de cada estrato, lo que complementa la observación visual en la calicata excavada.

Trabajos de laboratorio

Ensayos estándar

Con las muestras obtenidas, en la excavación realizada, se ha verificado la clasificación visual y efectuándose en el laboratorio los siguientes ensayos:

Contenido de Humedad Natural.

Análisis Granulométrico por Tamizado.

Límites de Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico)

Clasificación Unificada de Suelos.

Ensayos especiales:

Relación Humedad Densidad (Próctor Modificado).

Capacidad de soporte del suelo.

Los ensayos señalados fueron realizados en concordancia con las normas NTP y ASTM, en cada una de las muestras alteradas e inalteradas.

Los resultados, conclusiones y recomendaciones derivadas del presente informe, se incluyen en los acápites correspondientes; así como los cuadros, gráficos y perfiles adjuntos.

Análisis de los resultados

De las exploraciones de campo, así como los resultados obtenidos en el laboratorio, se ha efectuado la identificación de los suelos de la sub-rasante. En consideración a los sectores observados se han considerado pertinente describir el análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio de la forma siguiente:

Superficie de rodadura

La superficie de rodadura se encuentra de regular a mal estado, apreciándose que el afirmado existente se encuentra en malas condiciones y expuesto a los daños de la escorrentía superficial producto de las precipitaciones; ya que no cuenta con drenajes adecuados y la mayoría de las alcantarillas se encuentran colmatadas.

Estas condiciones han sido provocadas por las precipitaciones intensas cíclicas que se dan en la zona de selva, que ocasionan que los componentes finos de la capa de afirmado se “laven” dejando expuestos los elementos granulares que son disgregados por el paso de los vehículos.

Este impacto de las lluvias sobre el afirmado se potencia por la baja calidad del material del afirmado, que contiene un elevado porcentaje de finos, lo que determina su alta susceptibilidad a las precipitaciones

Sub rasante.

Como sabemos, se denomina subrasante a las capas que se encuentran debajo de la estructura del pavimento, en el presente caso, considerando que en la mayor parte del camino estudiado el afirmado se encuentra en mal estado o no existe, se determina que la actual superficie de rodadura puede ser considerada como superficie de la sub-rasante, debiéndose efectuar labores de perfilado y/o “raspado” de la actual superficie.

En todo caso, para efectos de evaluación y diseño, se ha considerado como sub-rasante a los estratos que componen el suelo natural y que se encuentran debajo del nivel de perfilado proyectado. En todos los casos, las profundidades estudiadas son mayores a 1.50 m por debajo del nivel de corte o explanación proyectada, no habiéndose detectado nivel freático en ninguna de las calicatas excavadas.

De las exploraciones de campo, así como de los resultados obtenidos en el laboratorio, se concluye que los tramos en estudio se encuentran sobre suelos subyacentes naturales, de composición variable; observándose una predominancia de los suelos: arenas limosas, mezclas de arena y limo (SM).

Tabla 32:
Resultados de Laboratorio del muestreo de Calicatas

N° CALICATA	Muestra (m) De - A	Progresiva (Km.)	Límite de Consistencia %			Clasificación de Suelos	
			Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	SUCS	AASHTO
						ASTM-D-2487	ASTM-D-3282
C-01	0.80 – 1.50	0 + 050	35.38	21.44	13.94	CL	A-6(10)
C-02	0.15 – 1.50	0 + 500	41.25	24.66	16.59	CL	A-7-6(16)
C-03	0.15 – 1.50	1 + 000	55.21	32.58	22.63	MH	A-7-5(20)
C-04	0.10 – 1.50	1 + 500	40.8	25.59	15.21	CL	A-7-6(15)
C-05	0.15 – 1.50	2 + 000	52.96	30.53	22.43	MH	A-7-5(20)
C-06	0.60 – 1.50	2 + 500	36.57	21.42	15.16	CL	A-6(11)
C-07	0.80 – 1.50	3 + 000	40.74	25.44	15.3	CL	A-7-6(15)
C-08	0.60 – 1.50	3 + 500	51.84	31.27	20.57	MH	A-7-5(20)
C-09	0.10 – 1.50	4 + 000	51.13	32.27	18.86	MH	A-7-5(20)
C-10	0.50 – 1.50	4 + 500	25.88	19.65	6.23	CL-ML	A-4(4)
C-11	0.80 – 1.50	5 + 000	47.68	30.42	17.27	ML	A-7-5(20)
C-12	0.60 – 1.50	5 + 500	35.65	24.45	11.2	ML	A-6(10)
C-13	0.60 – 1.50	6 + 000	57.21	35.27	21.94	MH	A-7-5(20)
C-14	0.10 – 1.50	6 + 500	56.26	34.67	21.59	MH	A-7-5(20)
C-15	1.00 – 1.50	7 + 000	55.49	34.71	20.78	MH	A-7-5(20)
C-16	0.10 – 0.50	7 + 500	46.73	29.71	17.12	ML	A-7-6(20)

Del cuadro observado, se puede concluir que la sub-rasante en el presente camino, está conformado por limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillas con ligera plasticidad (ML), arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas (CL) y limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos (MH).

De acuerdo al IP podemos mencionar que en las calicatas N° 03, 05, 08, 13, 14 y 15 presentan suelos muy arcillosos ($IP > 20$), asimismo en las calicatas N° 01, 02, 04, 06, 07, 09, 11, 12 y 16 presentan suelos arcillosos ($20 > IP > 10$) y en la calicata N° 10 presenta suelo poco arcilloso ($10 > IP > 4$).

*Los resultados de **Valor de Soporte (CBR)** es de **5.90 %** como mínimo y **12.60%** como máximo, siendo el promedio de CBR de **8.22 %**.*

*De los resultados anteriores se concluye que en la zona de estudio, se trata de una subrasante que se ubica en la categoría de **regular**. Por lo que la subrasante será sin mejoramiento, perfilada y compactada a todo lo largo del camino en estudio*

4.5 Diseño de pavimento a nivel de afirmado:

Generalidades

Una carretera destinada al tránsito moderno no puede considerarse terminada si es que no se ha dotado de un pavimento que responda a sus exigencias. Es en este aspecto donde el ingeniero debe tener un especial cuidado, ya que un cuidadoso estudio y la selección del pavimento apropiado influirán enormemente en el acabado y conservación de la obra así como en el costo que demanda su construcción.

Es en los pavimentos para carreteras donde más se debe tener en cuenta el aspecto económico, debido a las grandes superficies que hay que cubrir y en donde lógicamente una pequeña diferencia en el precio por metro cuadrado tiene gran incidencia en el costo del conjunto.

En el diseño y cálculo de pavimentos deben tenerse en cuenta los efectos originados por las cargas de los ejes de los vehículos de transporte que son cada vez más pesados y más rápidos. El material a usarse varía según la región y las fuentes locales de agregados, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizará como una capa superficial o capa inferior,

porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica obligatoria en el camino de afirmado.

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, el afirmado será pobre.

El afirmado requiere de un porcentaje de piedra para soportar las cargas, asimismo necesita un porcentaje de arena clasificada según tamaño para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa; y, obligatoriamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

Hay dos principales aplicaciones en el uso de afirmados: su uso como superficie de rodadura en caminos no pavimentados o su uso como capa inferior granular o como colchón anticontaminante.

Como superficie de rodadura, un afirmado sin suficientes finos, está expuesto a perderse, porque es inestable. En construcción de caminos se requiere un porcentaje limitado pero suficiente de materiales finos y plásticos, que cumplan la función de aglutinar para estabilizar la mezcla de gravas.

Un buen afirmado para capa inferior, tendrá mayor tamaño máximo de piedras, que en el caso de la capa de superficie y muy poco porcentaje de arcillas y de materiales finos en general. La razón de ello es que la capa inferior debe tener buena resistencia para soportar las cargas del tránsito y además debe tener la cualidad de ser drenante.

Manipuleo y colocación del material de afirmado

En relación a la obtención y manipuleo de los materiales en las canteras o fuentes de materiales es muy importante, que antes de comenzar a procesar el material, se retire la capa de tierra vegetal y la vegetación de la superficie, pues ésta contiene materia orgánica que no es buena para la superficie del camino.

Generalmente toda cantera o fuente de material tiene variaciones en las capas de revestimiento granular a explotar, pues se presentan capas aparentemente muy uniformes pero cambian repentinamente con bolsones de un material diferente y esto afecta la gradación total de la grava, por eso es importante el conocimiento e investigación de las fuentes de materiales para conseguir una correcta explotación y una buena mezcla desde el comienzo del proceso.

Otro de los problemas es la segregación del material durante el proceso, cuando ocurre esto, las partículas de gran tamaño tienden a juntarse hasta conseguir aislarse, en vez de mezclarse con el resto del material. Esta situación provocará la inconsistencia del material así como

dificultad en su compactación. Las zonas superficiales que contienen una cantidad inusual de partículas gruesas presentarán una condición suelta e inestable, mientras que otras zonas presentarán exceso de finos, que provocarán ahuellamientos profundos durante el periodo de lluvias.

El comportamiento de la capa de afirmado dependerá en gran parte de su ejecución, especialmente de la compactación que se le haya dado. La compactación reducirá los vacíos y aumentará el número de puntos de contacto entre partículas y el correspondiente rozamiento. La capa de afirmado debe ser compactada por lo menos, al 100% de la densidad máxima, determinada según el método AASHTO T180.

No obstante, es necesario indicar que el comportamiento de una superficie de afirmado no tendrá en ningún caso un comportamiento similar a las superficies pavimentadas. Siempre habrá algunas pérdidas de agregados en virtualmente todos los caminos de afirmado, por lo que se debe evaluar la necesidad de colocar capas de protección o estabilizaciones, según lo permitan los presupuestos de construcción y/o mantenimiento y la disponibilidad de materiales en la zona.

Fuente de materiales – canteras

Se deberá efectuar un estudio de canteras (fuentes de materiales) para rellenos, capa de afirmado y para obras de concreto hidráulico. Para el caso de canteras que cuenten con estudios previos, se efectuarán solamente ensayos que confirmen la calidad y potencia de las mismas.

Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas, de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio. Se realizarán exploraciones (mínimo 06 prospecciones por cada área menor o igual a una hectárea) por medio de sondeos, calicatas y/o trincheras. Las muestras representativas de los materiales de cada cantera serán sometidas a los ensayos estándar, mínimo 06 pruebas por tipo de ensayo, a fin de determinar sus características y aptitudes para los diversos usos que sean necesarios (rellenos, afirmados, concreto, etc).

La exploración de las canteras o fuentes de materiales debe cubrir un área que asegure un volumen de material útil explotable del orden de 1.5 veces las necesidades del proyecto. Estos trabajos se efectuarán a criterio, experiencia y responsabilidad del Proyectista, los resultados y conclusiones que presente deben ser los representativos y con una confiabilidad aceptada, de tal manera que los materiales procedentes de las canteras seleccionadas por el

Proyectista cumplan estrictamente las Especificaciones Técnicas para Construcción de Carreteras (EG-2000).

La cantera seleccionada para este Proyecto, en cuanto a Conformación de Relleno, Mejoramiento de la base existente y Material de Ligante, es la denominada **Libertad de Huascayacu**, del distrito de Yuracyacu. Para lo cual se analizó el costo en función al precio establecido por el propietario de la misma y ésta forma parte de los precios establecidos en el presupuesto general de ejecución del proyecto.

Datos de tráfico

El objetivo del estudio de tráfico vehicular nos permite clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera en la actualidad, así como de estimar el origen-destino de los vehículos, elementos indispensables para la evaluación económica de la carretera y la determinación de sus características de diseño

Estudio del tráfico:

Del tráfico de vehículos, de acuerdo al Inventario Vial Georeferenciado de la Provincia de Moyobamba el tráfico del camino es de 32 vehículos por día, conformado por 27 vehículos ligeros y 05 vehículos pesados. La población que se verá beneficiada directamente con la ejecución de las obras de infraestructura de transporte es de 6,809 habitantes de acuerdo al Perfil de Proyecto de Inversión Pública y al Inventario Vial Georeferenciado.

El principal sistema de transporte empleado para la movilización de pasajeros y carga es el camino vecinal, esta vía adquiere gran importancia económica, debido a que constituye el único medio en el área del proyecto que hace posible el transporte directo entre esta región con las demás regiones del país.

Tabla 33:

Estado Situacional del Camino Vecinal en Estudio

Distrito	Camino Vecinal		Vía Long.	Estado	Tráfico		Población Total Servida
	Desde	Hasta			Ligero	Pesado	
Moyobamba	EMP. SM – 569 (Puente Yuracyacu)	Sector Limones	7.28	Malo	27	5	6,809

Fuente: Estudio de Tráfico – Elaboración Propia

Demanda actual

La demanda actual del proyecto está representado en primer lugar por la cantidad de vehículos motorizados que transitan por el tramo de la carretera y está dada por el Índice Medio Diario (IMD).

También la demanda actual está dada por todos los beneficiarios como usuarios de la carretera que actualmente utilizan, se considera como demanda al transporte de carga y pasajeros desde la Localidad de Yuracyacu, Sector Limones y los Caseríos Domingo Puesto y Pueblo libre.

Conteo de tráfico:

Tabla 34:
Tráfico Actual

Tipo de Vehículo	IMD	DISTRIBUCIÓN
		%
Automóvil	15	46.88
Camioneta	9	28.13
C.R.	3	9.38
Micro	0	0
Bus Grande	0	0
Camión 2E	5	15.63
Camión 3E	0	0
IMD	32	100

Fuente: Elaboración propia

Estudio de la vía.

El tipo de servicio que va a generar el presente proyecto que es de acceso al transporte de pasajeros y turistas locales, así como de la producción hacia el mercado local más cercano como Moyobamba y Rioja, al cual se accede desde las localidades de Yuracyacu, Pueblo Libre, Valle la conquista a través de las trochas Carrozables y carreteras afirmadas y/o pavimentadas.

Este tema tiene como objetivo determinar los volúmenes de tránsito en esta carretera vecinal; en tal sentido es importante conocer los principales parámetros que determinen los índices del tráfico real, para poder tomar criterios técnicos en la jurisdicción del proyecto.

Tráfico proyectado

La proyección del tránsito de los vehículos del área de influencia de la carretera vecinal en estudio corresponde para un horizonte de planeamiento de 10 años, establecido para este tipo de proyectos y expresado en términos de Índice Medio Diario (IMD).

Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 2.5 Tn. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tienen en cuenta en su cálculo.

El tráfico proyectado al año horizonte, se clasificará según lo siguiente:

Tabla 35:

Características básicas para la superficie de rodadura de las Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Carretera de BVT	IMD Proyectado	Ancho de Calzada (M)	Estructuras y Superficie de Rodadura Alternativas (**)
T3	101 – 200	5.50 – 6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T2	51 – 100	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16 – 50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril(*) 3.50 – 4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(**) En caso de no disponer gravas en distancia cercana las carreteras puede ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

POR LO TANTO: LA CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA POR SU IMD PROYECTADO ES T1 (16<IMD<50), de la Tabla 31.

La proyección se ha realizado tomando como referencia el tráfico base de los vehículos de pasajeros (vehículos ligeros), considerando la tasa promedio de crecimiento de la población de la región, que es de 2.6 % promedio anual para el horizonte de planeamiento del proyecto, al que se le incrementará en un 15 % debido a los trabajos de mejoramiento del camino vecinal. Por lo tanto, la tasa de crecimiento adoptada para vehículos ligeros es de 2.60 %. Para los vehículos pesados se ha estimado en función al comportamiento de la actividad económica predominante en el área de influencia, la tasa de crecimiento asumida de manera conservadora es de 3.6 %.

Tabla 36:
Tasa de crecimiento Vehicular

TASAS DE CRECIMIENTO	
VEHICULOS LIGEROS	2.60%
VEHICULOS PESADOS	3.60%

Fuente: Elaboración Propia

En la proyección del tráfico generado, se ha estimado que la ejecución del proyecto dará un impacto a la actividad económica de relativo orden de importancia, que impulsará a la población a incrementar sus áreas de cultivos disponibles, que le permitirá tener un excedente exportable mayor a la situación actual, pero que no amerita un análisis del método del excedente del productor. Por lo que se considera un 30 % del tráfico normal.

Para la presente evaluación el tráfico normal se considera el tránsito de vehículos en relación a otras vías del mismo tipo en la zona, cuyo tránsito mayor ocurre en épocas de cosecha, para lo cual se proyecta de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 37:
Proyección del Tráfico Generado (Vehículo/Día)

Tipo de Vehículo	Tasa de Crecimiento	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Automóvil	2.60%	0	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Camioneta	2.60%	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Combi Rural	2.60%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Micro	2.60%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	2.60%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	3.60%	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Camión 3E	3.60%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		32	36	36	37	40	42	42	42	46	46	47

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto podemos concluir que el tráfico demandado con proyecto está dado por el tráfico proyectado con tráfico normal más el tráfico que se generará como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 38:

Demanda proyectada

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Tráfico Normal	32	32	32	33	35	36	36	36	39	39	40
Automóvil	15	15	15	16	16	17	17	17	18	18	19
Camioneta	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11
C.R.	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráfico Generado	0	4	4	4	5	6	6	6	7	7	7
Automóvil	0	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Camioneta	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
C.R.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Micro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMD TOTAL	32	36	36	37	40	42	42	42	46	46	47

Fuente: Elaboración Propia

* Se estima el tráfico generado en un proyecto de mejoramiento = 15 % del tráfico normal

- **POR LO TANTO: la clasificación de la carretera por su IMD proyectado es T1 ($16 < IMD < 50$)**

Análisis de tráfico

El procedimiento de análisis de tráfico es importante y puede variar de acuerdo a la metodología empleada, sin embargo los resultados deben ser compatibles de acuerdo con la cantidad de vehículos de diferente tipo que transitarán por la vía, que para el presente caso se prevé sean autos, camionetas, microbuses tipo combi y camiones.

En el diseño de un pavimento moderno, es de primera importancia evaluar las cantidades y los pesos de las cargas por eje supuestos a aplicarse al pavimento durante un período de tiempo dado. Las investigaciones nos muestran que el efecto sobre el comportamiento del

pavimento, de una carga por eje de mayor, puede representarse por una cantidad equivalente a 8.2 Tn de aplicación de carga por eje simple.

Como referencia del cálculo se presenta la tabla siguiente, para períodos de 5 y 10 años

Tabla 39:
Análisis de Tráfico N° Repeticiones EE 8.2 tn

IMDA (total ambos sentidos)	Veh. Pesados (carril de diseño)	5 años (carril de diseño)		10 años (carril de diseño)	
		N° Repeticiones EE 8.2 tn	N° Repeticiones EE 8.2 tn	N° Repeticiones EE 8.2 tn	N° Repeticiones EE 8.2 tn
10	3	13,565	1.36E+04	15,725	1.57E+04
20	6	27,130	2.71E+04	31,451	3.15E+04
30	9	40,695	4.07E+04	47,176	4.72E+04
40	12	56,197	5.62E+04	65,148	6.51E+04
50	15	67,824	6.78E+04	78,627	7.86E+04
60	17	75,576	7.56E+04	87,613	8.76E+04
70	20	96,892	9.69E+04	112,324	1.12E+05
80	23	104,643	1.05E+05	121,310	1.21E+05
90	26	122,084	1.22E+05	141,528	1.42E+05
100	28	131,773	1.32E+05	152,761	1.53E+05
110	31	147,275	1.47E+05	170,733	1.71E+05
120	34	160,840	1.61E+05	186,458	1.86E+05
130	37	172,467	1.72E+05	199,937	2.00E+05
140	40	187,970	1.88E+05	217,909	2.18E+05
150	43	203,473	2.03E+05	235,881	2.36E+05
160	45	209,286	2.09E+05	242,620	2.43E+05
170	48	226,727	2.27E+05	262,838	2.63E+05
180	51	236,416	2.36E+05	274,071	2.74E+05
190	54	253,856	2.54E+05	294,289	2.94E+05
200	56	265,483	2.65E+05	307,768	3.08E+05
250	71	335,245	3.35E+05	388,641	3.89E+05
300	84	399,194	3.99E+05	462,775	4.63E+05
350	99	468,956	4.69E+05	543,648	5.44E+05
400	112	529,029	5.29E+05	613,289	6.13E+05

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

- Interpolando del cuadro anterior se obtiene: $N_{rep\ de\ EE_{8.2\ Tn}} = 7.46 \times 10^4$

Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 2.5 Tn. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tienen en cuenta en su cálculo.

Tabla 40:

Cuadro de la clase de tráfico que circula por el tramo en estudio

CLASE	T0	T1	T2	T3
IMDA (Total vehículos ambos sentidos)	< 15	16 - 50	51 - 100	101 - 200
Vehículos pesados (carril de diseño)	< 6	6 - 15	16 - 28	29 - 56
N° Rep. EE (carril de diseño)	< 2.5x10 ⁴	2.6x10 ⁴ - 7.8x10 ⁴	7.9x10 ⁴ - 1.5x10 ⁵	1.6x10 ⁵ - 3.1x10 ⁵

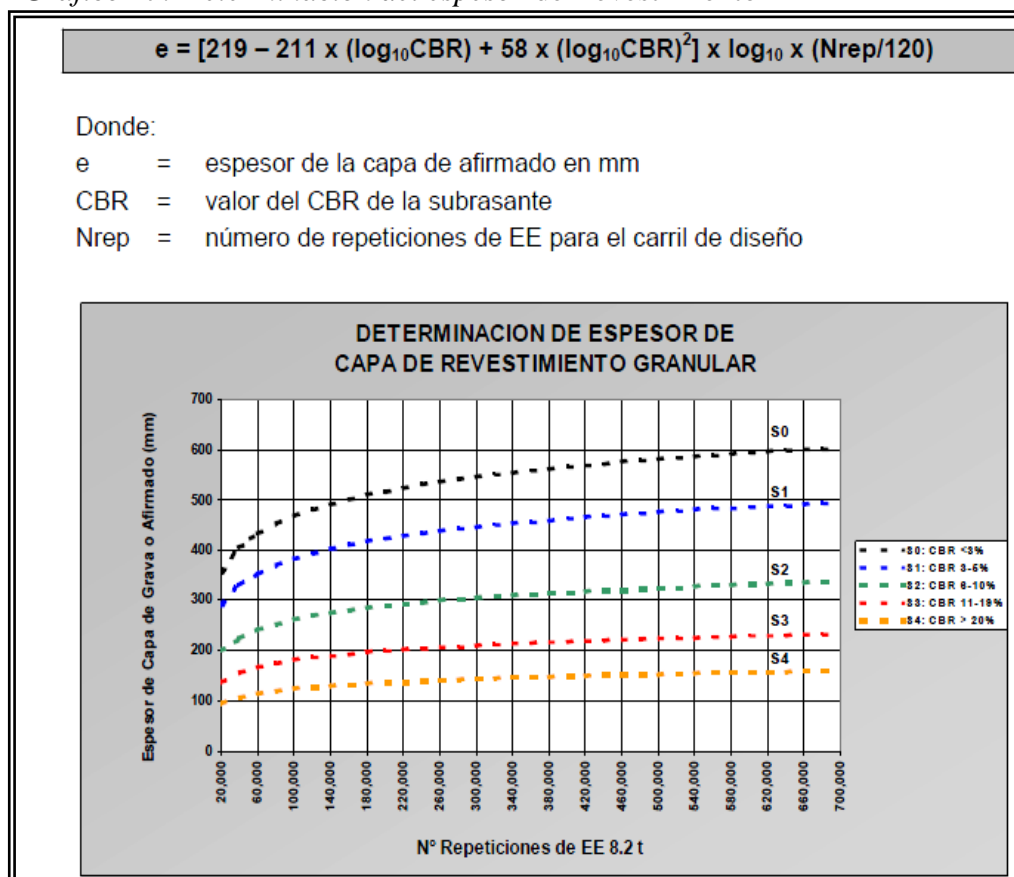
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Diseño de pavimento

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de grava o afirmado, se desarrolló el método de NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities (hoy AUSTROADS)).

$$e = \left[219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 \right] * \log_{10} * (Nrep / 120)$$

Gráfico 17: Determinación del espesor de Revestimiento



Fuente: Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA

Método NAASRA

Basada en la ecuación empírica que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado expresado en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes:

Determinación del CBR de diseño

Para tal efecto, se ha empleado la metodología recomendada por el MTC para diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito, en el cual menciona que dada la variabilidad que presentan los suelos (aún dentro de un mismo grupo de suelos y en un sector homogéneo), así como los resultados de los ensayos de CBR (valor soporte del suelo):

- Se efectuará un mínimo de 6 ensayos de CBR por sector homogéneo del suelo, con el fin de aplicar un criterio estadístico para la selección de un valor único de soporte del suelo.
- En caso de que en un determinado sector se presente una gran heterogeneidad en los suelos de subrasante, que no permite definir uno como predominante, el diseño se basará en el suelo más débil que se encuentre.

De acuerdo a los ensayos los resultados de CBR presentan heterogeneidad, por lo tanto se considera como CBR de diseño a 6.00 % por ser el menor (suelo más débil) y los resultados de los análisis se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 41:
Resultados de CBR

Tramo	Progresiva (Km.)	CBR Al 95 % MDS	CBR ordenados de mayor a menor	CBR de diseño %
EMP. SM – 569 (Puente Yuracyacu) – Sector Limones	0+050	12.6	12.6	6%-10%
	1+000	6	10.5	
	2+000	6.12	10.25	
	3+000	10.5	10.2	
	4+000	6.3	6.3	
	5+000	10.2	6.15	
	6+000	5.9	6.12	
	7+000	6.15	6	

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos - Sector Limones Margen Izquierdo

Determinación del espesor del pavimento

Para la determinación del espesor del pavimento usamos como referencia el Catálogo de Capas de Revestimiento Granular del Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, por lo cual, de acuerdo al IMD, la clase de tráfico, que a esta vía le corresponde **T1**, el tipo de subrasante, que es **S2** (subrasante regular: 6 % - 10 %), ya que Siendo el promedio de CBR de **8.22 %**.

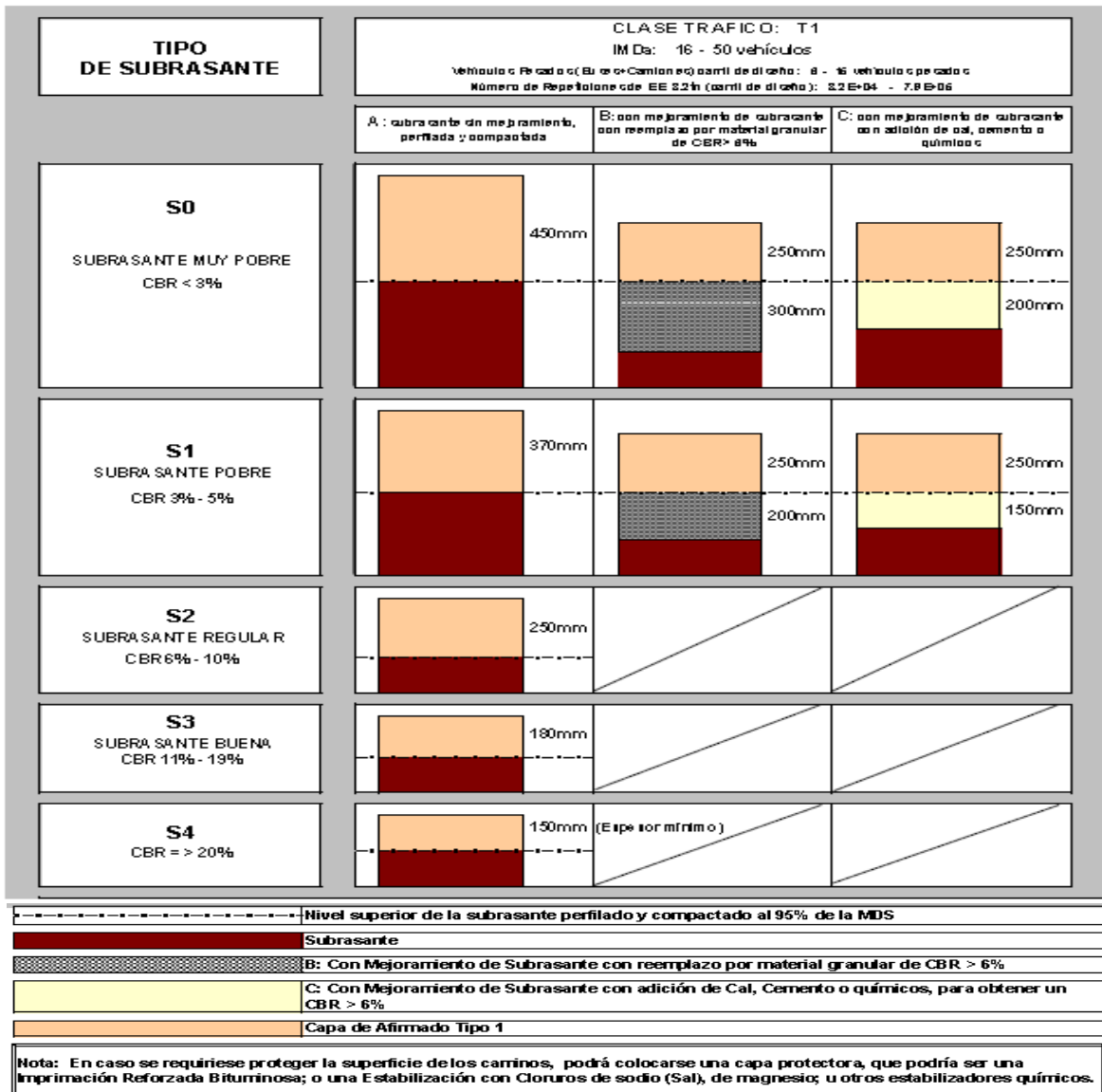
Tomando en consideración lo expuesto, se recomienda conformar la estructura del pavimento de un espesor de 25 cm en toda la vía.



Según el Manual de Diseño de Caminos de Bajo Volumen de Tráfico, para los tráficos tipo T2, T3 y T4 el espesor total determinado, está compuesto por dos capas: una capa superficial que es una grava estabilizada con finos ligantes y una capa inferior de grava drenante, cuya diferencia depende del tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla. Se considera que cuando el espesor de la capa total de revestimiento granular es menor a 250 mm, la capa superficial tendrá un espesor mínimo de 100 mm y cuando la capa total de revestimiento granular sea igual o superior a 250 mm la capa superficial tendrá un espesor máximo de 150 mm.

En todo caso se podrá optimizar las secciones de pavimento propuestas, para lo cual se analizará las condiciones de la subrasante, la calidad de los materiales de las canteras, la demanda específica de tráfico en el tramo y se determinarán los espesores necesarios de la nueva estructura del pavimento; en caso, de que el tramo tenga una capa de afirmado, se aprovechará el aporte estructural de la capa existente, solo se colocará el espesor de afirmado necesario o el mínimo constructivo (100 mm) para completar el espesor obtenido según la metodología de diseño adoptada

Gráfico 18: Catálogo de capas de revestimiento granular



CAPITULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis y discusión de los resultados

El desarrollo del *ESTUDIO DEFINITIVO DEL CAMINO VECINAL EMPALME SM – 569 (PUENTE YURACYACU) – SECTOR LIMONES, A NIVEL DE AFIRMADO DISTRITO DE MOYOBAMBA - SAN MARTÍN*”, se obtuvieron los resultados de acuerdo a las metas propuestas previas a la elaboración las cuales se detallan a continuación:

El proyecto correspondiente al estudio definitivo del camino vecinal Sector Limones, Yuracyacu y Pueblo Libre”, comprende una longitud de KM =07+280 según el perfil; esta carretera se desarrolla sobre terrenos de topografía no muy accidentada por lo que la geometría del eje ha sido diseñada adaptándose a la topografía del terreno.

Las características geométricas de la carretera se obtuvieron respetando los parámetros exigidos por las Normas Peruanas de Carreteras, y por ser esta una vía de tercera clase los parámetros excepcionales suelen salir a relucir en el diseño del mismo, permitiendo así lograr una geométrica más compacta.

Este estudio contribuirá como una alternativa de solución técnico-económica para la construcción de la carretera a nivel de afirmado, la vía se encuentra dentro de la categoría de TERCERA CLASE con una longitud de 7+280 Km, por la cual se consideró para el diseño del espesor del afirmado el Manual de Carreteras No Pavimentadas con Bajo Volumen de Transito, ya que se trata de una carretera de índice Medio Diario (IMD), menor a 200 vehículos por día.

En la exploración del subsuelo o terreno de fundación, se ejecutó un total de 16 calicatas o excavaciones a cielo abierto, ubicadas convenientemente de tal manera de cubrir el área en estudio y determinar su perfil estratigráfico, para la determinación del CBR, Grado de Compactación y demás características, permitiéndonos estos datos conjuntamente con el índice del tráfico determinar el espesor del pavimento. Predominando los suelos arcillosos y limosos, por lo que estos suelos no serán utilizados para rellenos donde los tramos necesiten llegar a la cota de la subrasante.

De los trabajos técnicos realizados para la elaboración de Memoria Descriptiva, Especificaciones Técnicas, Metrados, Presupuestos, Análisis de Costos Unitarios, Programación de obra, se utilizaron programas sistematizados como el WORD, EXCEL, S10, MICROSOFT PROJECT, la cual nos sirve de mucho apoyo tratándose de reducir los tiempos para su elaboración.

5.2 Contrastación de hipótesis

Del análisis técnico, se desprende que la alternativa seleccionada de diseño geométrico, de pavimento a nivel de afirmado y obras de arte para la construcción de la infraestructura vial, permite a la población de Sector Limones, Yuracyacu y Pueblo Libre contar con una vía en condiciones óptimas para el traslado rápido, eficaz y seguro de sus productos agrícolas. En consecuencia, su ejecución facilitará contar con un camino en condiciones de transitabilidad, lo cual mejorará las condiciones de vida de los usuarios. Por tanto, **la hipótesis queda validada**, por cuanto el estudio definitivo a nivel de afirmado del Camino Vecinal referido, permitirá contar con el expediente técnico para tramitar su financiamiento y, que al ser ejecutado permitirá tener un camino en condiciones de transitabilidad y en consecuencia mejorará las condiciones socio - económicas de la población beneficiaria aledaña al proyecto.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El Diseño Geométrico, de Pavimento a nivel de afirmado y de obras de arte incrementará a la comunidad de Sector Limones, Yuracyacu y Pueblo Libre, el potencial económico, social, turístico, cultural, además permitirá contar con un servicio de infraestructura vial con óptimas condiciones de circulación rápida, eficaz y segura mejorando la calidad de vida, de la población del área de influencia del proyecto.

Se ha determinado que el tránsito vehicular en el camino vecinal Sector Limones, Yuracyacu y Pueblo Libre es menor a 400 vehículos por día, siendo de esta manera un camino de bajo volumen de tránsito, es por ello que al calcular el Número de Repeticiones de ejes equivalentes nos resulta un valor numérico bajo, esto significa que no será necesario mayores espesores de pavimento.

El período de diseño será 10 años para todas las estructuras, considerando los diversos parámetros de la vida útil de los elementos que conforman la infraestructura vial.

La cantera seleccionada para este proyecto, en cuanto a conformación de relleno, Mejoramiento de la base existente y material de ligante, es la denominada Libertad de Huascayacu, del distrito de Yuracyacu.

El diseño del método NAASRA cumple con las expectativas propuestas, para el diseño en caminos con bajo volumen de tránsito.

Los diseños hidráulicos, geométricos y espesor del pavimento, que se realizaron para el estudio del proyecto están acorde a los criterios de diseño contemplados en las Normas Peruanas de Diseño Geométrico de Carreteras y el Reglamento de Gestión de Infraestructura Vial y Manual de Diseño de Caminos de No Pavimentados de Bajo Volumen de Transito.

Se optó por alcantarillas de tubería metálica corrugada por su fácil armado y colocado, con diámetros mínimo de 24", para garantizar la facilidad en el mantenimiento de los conductos.

Los radios se han adoptado en función a la velocidad directriz y las condiciones topográficas del terreno, siendo necesario adoptar radios con longitudes iguales al mínimo excepcional.

6.2 Recomendaciones

El Sector Transportes y demás entes encargados deberían recomendar que los estudios de Impacto Ambiental en proyectos de carreteras en zonas de Selva se realicen estrictamente y tengan un amplio enfoque en problemas ambientales, políticos, territoriales, salud, población, educación, conservación, preservación y prevención.

El método NAASRA, es el adecuado en caminos de bajo volumen de tránsito.

Al aspecto geométrico se deberá ejecutar de acuerdo a lo estipulado en los planos, salvo alguna variante que justifique su ejecución; pero se deberá hacer prevalecer lo técnico a lo económico.

Al no existir napa freática en el tramo en estudio, no es necesario ejecutar obras de drenaje subterráneo, pero si es importante proyectar alcantarillado y construcción de cunetas.

Implementar un plan de mantenimiento de la infraestructura vial dándole énfasis al sistema de drenaje, puesto que el agua es el mayor causante de daños en la subrasante.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- CÁRDENAS, J.** (2002), *Diseño Geométrico de Carreteras*. Primera Edición, Bogotá – Colombia.
- GARCIA, F.** (2016), *curso básico de topografía: planimetría, agrimensura, altimetría*
- CRESPO, C.** (1996), *Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, puentes y Puertos*, Editorial Limusa, Tercera Edición, México.
- DIRECCION DE CAMINOS.** (1963), *Especificación para Construcción de Puentes y Carreteras*. Lima – Perú.
- EDICIONES CIENCIAS,** (1996), *El arte del trazado de Carreteras*, Lima – Perú, Editorial “Ciencias” S.R.L. segunda edición, 1996.
- GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTÍN,** (2016), *Plan Vial Participativo Departamental de San Martin*, Moyobamba, 2016.
- GUERRA, C.,** (1997), *Carreteras, Ferrocarriles, Canales, Localización y Diseño Geométrico*, Editorial América, Tercera Edición, Lima-Perú.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA,** *Censos Nacionales 1,993 IX de Población IV de Vivienda Perfil Socio Demográfico N° 21*, 2007, Lima Perú.
- SCIPIONE,** (2011) *Manual Diseño Geométrico Caminos I*, Lima – Perú
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES,** (2008), *Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito*, N° 305-2008-MTC/02, segunda edición, Lima – Perú.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES,** (2008), *Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito*, N° 303-2008-MTC/02, primera edición, Lima – Perú.
- MORALES, H.** (2006), *Ingeniería Vial I*, Santo Domingo
- ALVA, J.** (2014), *Mecánica de Suelos*, Lima - Perú