



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



**Diseño Geométrico a nivel de afirmado del camino vecinal Libertad de
Cuiparillo – Gloria (8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto
Amazonas, Loreto.**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Wilder William Rojas Tarrillo
José Fernando Valles Tenazoa

ASESOR:

Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz

Tarapoto – Perú

2019

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



**Diseño Geométrico a nivel de afirmado del camino vecinal Libertad de
Cuiparillo – Gloria (8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto
Amazonas, Loreto.**

AUTORES:

Wilder William Rojas Tarrillo

José Fernando Valles Tenazoa

Sustentada el día 27 de Febrero de 2019 y aprobada ante el honorable jurado:


.....
Ing. M.Sc. Juvenal Vicente Díaz Agip
Presidente


.....
Ing. Ernesto Eliseo García Ramírez
Miembro


.....
Ing. Carlos Segundo Huaman Torrejon
Secretario


.....
Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Yo **Wilder William Rojas Tarrillo** con DNI N° 48054670, con domicilio legal Prolog. Av. Grau # 263 Moyobamba, Bachiller de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **José Fernando Valles Tenazoa** con DNI N° 72936627, con domicilio legal Jr. Inclán # 273 - Morales, Bachiller de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín con la Tesis Titulada: **Diseño Geométrico a nivel de afirmado del camino vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto.**

Declaramos bajo juramento que:

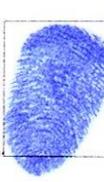
1. La tesis es de nuestra autoría.
2. Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para 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 presentan 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, asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 15 de Julio del 2019.



Wilder William Rojas Tarrillo
DNI N° 48054670



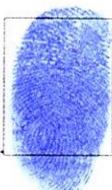
José Fernando Valles Tenazoa
DNI N° 72936627

Declaración Jurada

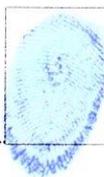
Yo, **Wilder William Rojas Tarrillo** con DNI N° 48054670, con domicilio legal Prolog. Av. Grau # 263 Moyobamba, **José Fernando Valles Tenazoa** con DNI N° 72936627, con domicilio legal Jr. Inclán # 273 - Morales, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, DECLARO BAJO JURAMENTO que toda la documentación y de todos datos e información de la presente tesis y/o informe de Ingeniera, que acompaño es veras y autentica.

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

Tarapoto, 27 de febrero del 2019.



Wilder William Rojas Tarrillo
DNI N° 48054670



José Fernando Valles Tenazoa
DNI N° 72936627

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: ROSAS TARRILLO WILDER WILLIAM	
Código de alumno : 113252	Teléfono: 971432632
Correo electrónico : WILDER4193@GMAIL.COM	DNI: 48054670

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

2. Datos Académicos

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

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: DISEÑO GEOMETRICO A NIVEL DE AFIRMADO DEL CAMINO DECIMAL LIBERTAD DE COIPANILLO - GIRONIA (8+600 Km), DISTRITO DE TENDIENTE CESAR LOPEZ ROJAS, ALTO AMAZONAS, ILORETO
Año de publicación: 2019

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".



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:

06 / 11 / 2019



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: VALLES TENAZA JOSÉ FERNANDO	
Código de alumno : 72936627	Teléfono:
Correo electrónico : fernando.va.te@gmail.com	DNI: 72936627

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

2. Datos Académicos

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

3. Tipo de trabajo de investigación

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

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: DISEÑO GEOMETRICO ANIVEL DE AFIRMAO DEL CAMINO VECINAL LIBERTAD DE CUIPARILO - GLORIA (8+600 Km), DISTRITO DE TENIENTE CESAR LOPEZ POJAS, ALTO AMAZONAS, LORETO.
Año de publicación: 2019

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:

06, 11, 2019



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

A Dios por darme la razón de vivir día a día y guiar mi camino para cumplir mis metas y sobre todo por darme unos padres maravillosos.

A mis padres, por confiar plenamente en mí y brindarme su apoyo incondicional, los amo.

A mi hermano, por su apoyo durante mi proceso de formación personal y profesional.

Wilder William Rojas Tarrillo

A Dios por ser mi guía principal en toda esta etapa vivida, fortaleciendo mente y corazón para poder levantarme ante las adversidades que nos pone la vida.

A mi madre Patricia por ser el sostén de todas mis decisiones, confiando en mí sobre todas las cosas.

A mi hermano por acompañarme con sus consejos y experiencias vividas.

José Fernando Valles Tenazoa

Agradecimiento

Agradecer a mis padres por todo el esfuerzo brindado hacia mi camino profesional, además del apoyo incondicional en la toma de decisiones, a los docentes por el tiempo y enseñanzas que nos brindaron durante el proceso de nuestra formación profesional, a mi familia por ser el impulso a mejorar y seguir adelante, y a Dios que con su guía permitió que las enseñanzas de mis padres se fortalezcan en el camino de mi vida.

Wilder William Rojas Tarrillo

Le doy gracias a mis por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida. Por darme la oportunidad de estudiar esta carrera. Y por ser ejemplo de mi vida y por promover el desarrollo y la unión familiar.

Al Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz, Por orientarme durante el desarrollo de mi Informe de Ingeniería, y principalmente por su disposición, sus argumentos y la revisión minuciosa del trabajo realizado.

A mis amigos y compañeros que conocí a través de los años.

José Fernando Valles Tenazoa

Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice	viii
Índice de Tabla	xiv
Índice de Figuras	xv
Resumen	xvi
Abstract.....	xvii
Introducción.....	xviii
CAPÍTULO I.....	2
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	2
1.1. Generalidades.....	2
1.2. Exploracion preliminar orientado la investigacion.....	2
1.2.1. Ubicación geográfica del proyecto	3
1.2.2. Aspectos generales de la zona de estudio	5
1.2.3. Clima.....	5
1.2.4. Topografía y sismología	5
1.2.5. Ubicación y accesibilidad	5
1.2.6. Características socioeconomicas	6
1.2.7. Hidrografía.....	6
1.2.8. Medio Ambiente	6
1.2.9. Salud	6
1.2.10. Perfil longitudinal y diseño del afirmado:	6
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes, planteamiento, formulación del problema a resolver.....	8
2.1.1. Antecedentes del problema.....	8
2.1.2. Planteamiento del problema	8
2.1.3. Justificación del problema	9
2.1.4. Formulación del problema.....	9
2.2. Objetivos.....	10
2.2.1. Objetivos General	10
2.2.2. Objetivos específicos	10

2.3. Jstificacion del proyecto.....	10
2.4. Delimitacion de la investigacion.....	10
2.5. Marco teórico y conceptual.....	10
2.5.1. Antecedentes de la investigacion	10
2.5.2. Fundamentacion teorica de la investigacion	11
2.5.2.1. Clasificacion de las carreteras	11
2.5.2.1.1. Clasificacion según su jurisdiccion	11
2.5.2.1.2. Metodologia para el estudio de la demanda de transito.....	12
2.5.2.2. La velocidad de diseño	12
2.5.2.2.1 Definicion de la velocidad de diseño.....	13
2.5.2.2.2 Velocidad de Circulacion.	13
2.5.2.3. Seccion transversal de diseño.....	13
2.5.2.4. Tipos de superficie de rodadura	14
2.5.2.5. Elementos del diseño geométrico.....	14
2.5.2.5.1. Distancia de visibilidad	15
2.5.2.5.2.Visibilidad de parada	16
2.5.2.5.3. Visibilidad de adelantamiento	17
2.5.2.6. Alineamiento horizontal.....	17
2.5.2.6.1.Curvas Horizontales	17
2.5.2.6.2. Curvas de transicion	18
2.5.2.6.3.Distancia de visibilidad	19
2.5.2.6.4.El peralte de la carretera	20
2.5.2.6.5.Sobre Ancho de la calzada	22
2.5.2.7. Alineamiento Vertical	23
2.5.2.7.1.Consideraciones para el alineamiento vertical	23
2.5.2.7.2. Curvas verticales.....	24
2.5.2.7.3.Pendiente	25
2.5.2.8. Coordinacion entre el diseño horizontal	26
2.5.2.9. Seccion Transversal	27
2.5.2.10. Eje de carretera	30
2.5.2.11. Topografia.....	33
2.5.3. Efectos indirectos a gran escala.....	34
2.5.3. Efectos lineales directos.	35

2.5.4.1.	Influencia sobre el entorno.....	35
2.5.4.2.	Efectos agregados por la escision de los sistemas	35
2.5.4.3.	Deterioro del paisaje	35
2.5.4.4.	Destruccion de la vegetacion	37
2.5.4.5.	Erosion del suelo.....	37
2.5.4.6.	Incidencia sobre el balance hidrico.....	38
2.5.4.7	Aumento de los riesgos de seguridad por el peligro	39
2.5.4.8.	Influencia en la estructura de los poblamientos	39
2.5.4.9.	Consecuencias de la falta de mantenimiento	40
2.5.5.	Efectos secundarios.	40
2.5.5.1.	Ruidos de construccion	40
2.5.5.2.	Recuperacion del bitumen	40
2.5.5.3.	Daños por terremotos.....	40
2.5.5.4.	Efectos Positivos.....	41
2.5.5.5.	Señalización y seguridad de redes viales	41
2.5.6.	Especificaciones tecnicas de las señalizaciones en carreteras.....	43
2.5.6.1.	Señalización Vertical Permanente	43
2.5.6.2.	Señales preventivas	44
2.5.6.3.	Señales Regulatorias	44
2.5.6.4.	Señales Informativas.....	45
2.5.6.5.	Elemento de soporte de señales	45
2.5.6.6.	Delineadores	46
2.5.6.7.	Marcas permanentes en el pavimento	46
2.5.6.8.	Guardavias metalicas	46
2.5.6.9.	Capta faros	47
2.5.6.10.	Postes de kilometraje	47
2.5.7.	Definicion de pavimentos.	47
2.5.7.1.	Caracteristicas de un pavimento	47
2.5.7.2.	Clasificacion de pavimentos	48
2.5.7.3.	Pavimento rigido.....	52
2.5.7.4.	Tipos de pavimentos rigidos	53
2.5.8.	Componentes de la infraestructura del camino.....	56
2.5.8.1.	Explanacion.....	56
2.5.7.1.	Subrasante del camino	57

2.5.9. Estudio de Pavimentos.....	58
2.5.9.1. Diseño estructural	59
2.5.10. Tipos de Transito.....	61
2.6. Marco conceptual: terminologia basica	64
2.7. Marco historico.....	67
2.8. Hipótesis.....	68
CAPÍTULO III	69
MATERIAL Y MÉTODOS.....	69
3.1. Materiales.....	69
3.1.1. Recursos Humanos	69
3.1.2. Recursos Materiales y servicios.....	69
3.1.3. Recursos de Equipos.....	69
3.2. Metodología de la investigación.....	69
3.2.1. Sistema de variables	69
3.2.2. Tipos y Nivel de la Investigación	70
3.2.3. Cobertura de la Investigación.....	70
3.2.3.1 Universo y/o muestra.	70
3.2.4. Ámbito Geográfico	70
3.2.5. Diseño del Método de Investigación	70
3.2.6. Diseño de instrumentos.....	71
3.2.7. Fuentes Tecnicas e Instrumentos de selección de datos	71
3.2.8. Procesamiento de la informacion.....	71
3.2.9. Diseño geometrico.....	71
3.2.10. Introduccion a la geometria de la via.....	72
3.2.11. Estudio de trafico.....	73
3.2.12. Criterios a considerar para un estudio de trafico vehicular.	74
CAPÍTULO IV.....	75
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
4.1. Resultados	75
4.1.1. Estudio de trafico.....	75
4.1.2. Estudio de diseño geometrico	77
4.1.3. Diseño de las curvas horizontales	81
4.1.3.1 Cálculo de los elementos de curvas horizontales.	81
4.1.3.2. Cuadro de resultados curvas horizontales.	94

4.1.3.3. Diseño de las curvas verticales.....	97
4.1.3.3.1 Calculo de los elementos de las curvas verticales	97
4.2. Estudio de mecanica de suelos	146
4.2.1. Tipos de suelo de la subrasante	146
4.2.2. Muestreo	146
4.2.3. Registro de excavaciones.....	146
4.2.4. Preservacion y transporte de suelos	146
4.2.5. Trbajos de laboratorio.....	146
4.2.6. Descripcion de los perfiles estratigraficos	149
4.3. Diseño de pavimento.....	156
4.4. Objetivos.....	157
4.5. Programa de trabajo.....	157
4.6. Analisis de trafico.....	157
4.6.1. Calculo del numero de repeticiones de ejes equivalentes.....	158
4.6.2. Evaluacion superficial	162
4.7. Capacidad de soporte de los suelo de subrasante.....	162
4.8. Determinacion del espesor del pavimento.....	163
4.8.1. Metodo naasra.....	163
4.8.2. Por el catalogo estructural de supeficie de rodadura	165
4.8.3. Resumen de espesores	167
4.9. Estudio de drenaje	167
4.9.1. Curvas de bombeo	168
4.9.2. Cunetas	169
4.9.2.1. Determinacion de la zona humeda de influencia.	169
4.9.2.2. Bombeo o pendiente transversal del camino vecinal.	169
4.9.2.3. Pendiente longitudinal del camino vecinal.....	169
4.9.2.4. Seccion geometrica de la cuneta.	169
4.9.2.5. Pendiente longitudinal de la cuneta.....	169
4.9.2.6. Longitudes del tramo.....	170
4.9.2.7. Criterios de diseño.....	170
4.9.2.8. Verificacion de la capacidad de las cunetas	170
4.9.2.9. Verificacion de la velocidad de cunetas	172
4.10. Alcantarillas	172
4.10.1. Fisiografia de la cuenca	172

4.10.2. Metodología y fomulacion del estudio	172
4.10.3. Analisis hidrológico.....	173
4.10.4. Calculo del caudal a drenar	173
4.10.5. Verificacion de la capacidad de la alcantarrilla.....	174
4.11. Estudio de señalización	176
4.11.1. Señales reglamentarias	178
CONCLUSIONES	180
RECOMENDACIONES	181
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	182
ANEXOS	183
ANEXO 1: Estudio de suelos.....	184

Índice de Tabla

Tabla 1. Distancia de visibilidad de parada	16
Tabla 2. Distancia de visibilidad de adelantamiento	17
Tabla 3. Necesidad de Curvas de transicion	18
Tabla 4. Longitud deseable de la curva transicion	19
Tabla 5. Friccion transversal maxima en curvas	20
Tabla 6. Radios minimos y peraltes maximos	21
Tabla 7. Longitudes minimas de transicion de bombeo	22
Tabla 8. Ancho de la calzada en curvas circulares	23
Tabla 9. Indice k para el calculo de la longitud de curva vertical convexa.....	24
Tabla 10. Indice k para el calculo de la longitud de curva concava	25
Tabla 11. Pendientes maximas	26
Tabla 12. Ancho minimo deseable de la calzada en tangente	28
Tabla 13. Dimensiones minimas y separacion maximas	29
Tabla 14. Criterio para la ejecucion de perforaciones en el terreno	51
Tabla 15. Estudio de IMDA	60
Tabla 16. La clase de trafico que circula por el tramo de estudio	61
Tabla 17. Trafico generado por tipo de proyecto	76
Tabla 18. Trafico por año	76
Tabla 19. Listado BM.....	78
Tabla 20. Cuadros de Clasificacion de suelos	147
Tabla 21. Cuadro de clasificacion de suelos.....	147
Tabla 22. Cuadro de clasificacion de suelos.....	148
Tabla 23. Cuadro de clasificacion de suelos.....	148
Tabla 24. Proyeccion de trafico con proyecto	159
Tabla 25. Factores de distribucion direccional y de carril.....	160
Tabla 26. Valor del cbr del suelo.....	163
Tabla 27. Estructura del suelo	164
Tabla 28. Estructura del suelo	167
Tabla 29. Estructura del suelo	167
Tabla 30. Dimensiones minimas de cunetas	168
Tabla 31. Descripcion de obras de arte e infraestructuras proyectadas.....	175
Tabla 32. Caracteristicas de la via situacion actual	176

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa Político del Perú y del Departamento de Iquitos..	3
Figura 2. Mapa de la Provincia Alto Amazonas y sus Distritos.	4
Figura 3. Ubicación del Proyecto.	4
Figura 4. Gráfico de curva horizontal	30
Figura 5. Sobreancho en curvas.	32
Figura 6. Transmisión de carga en un pavimento.	53
Figura 7. Pavimento rígido simple sin pasadores	54
Figura 8. Pavimento rígido simple con pasadores.	54
Figura 9. Pavimento de concreto reforzado con juntas.	55
Figura 10. Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.	56
Figura 11. Determinación de espesor de la capa de revestimiento.	62
Figura 12. Catálogo de estructuras de pavimento.	63
Figura 13. Pavimento de concreto reforzado.	80
Figura 14. Ejes equivalentes.	158
Figura 15. Manual de carreteras MTC.	160
Figura 16. Manual de carreteras MTC.	161
Figura 17. Determinación de espesor.	164
Figura 18. Cuadro de ejes equivalentes	165
Figura 19. Catálogo de estructuras de pavimento.	166
Figura 20. Cálculo del caudal, sección trapecoidal	171
Figura 21. Cálculo del caudal, sección circular	175

Resumen

El presente proyecto de tesis denominado “**Diseño Geométrico a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto**”, se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

El proyecto de tesis está enfocado para dar a conocer una solución rápida, económica y óptima para el mejoramiento vial, ya que, en muchas vías, el descuido en el drenaje o la ausencia de ésta, hace que las mismas se deterioren y presenten agrietamientos, fisuras, etc. Causando malestar para los usuarios, falta de comunicación entre pueblos y ciudades, o en el peor de los casos el cambio total de la carpeta de rodadura.

Surgió ante la necesidad de la población que incluyen los productores de los Sectores **Libertad de Cuiparillo – Gloria**, de solucionar los problemas causados por el mal estado de la vía de acceso y que generan altos costos de flete para el transporte de los productos cultivados en la zona hacia los mercados de consumo, por lo que el presente proyecto de investigación busca solucionar estos problemas, empezando con el diagnóstico de la realidad en cuanto al estado de la vía y la importancia de la misma. Para el diseño geométrico a nivel de Afirmado, de la vía se realizaron estudios preliminares en campo como, estudio de tráfico, posteriormente en gabinete se realizaron cálculos de diseño siguiendo los parámetros de las normas de diseño geométrico para carreteras no pavimentadas y de bajo volumen de tránsito, determinando los elementos de diseño y posteriormente el espesor del afirmado necesario para garantizar la fácil y óptima transitabilidad de vehículos livianos y pesados, y así facilitar a los productores transportar sus productos en buen estado y con bajo costo de flete hacia los mercados de consumo.

Se desarrolló el diseño geométrico de la vía proponiendo, elementos de señalización vial, de esta manera contribuir al desarrollo socioeconómico de los productores de los Sectores **Libertad de Cuiparillo – Gloria**, así mismo poner en práctica los conocimientos de la carrera de Ingeniería Civil, obtenidos en las aulas de la facultad.

Palabras clave: Diseño Geométrico, Estado, Vía, transitabilidad.

Abstract

The present thesis project called "Geometric Design at Affirmed Level of the Cuiparillo Libertad - Gloria Neighborhood Road (8 + 600 km), district of Lieutenant Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto", was developed at the Faculty of Engineering Civil of the National University of San Martín - Tarapoto.

The thesis project is focused to make known a quick, economic and optimal solution for road improvement, since in many ways, the neglect in the drainage or the absence of it, causes them to deteriorate and present cracks, fissures, etc. Causing discomfort for users, lack of communication between towns and cities, or in the worst case the total change of the rolling folder.

It arose from the need of the population that includes the producers of the Libertad de Cuiparillo - Gloria Sectors, to solve the problems caused by the bad state of the access road and that generate high freight costs for the transport of the products grown in the zone towards consumer markets, so that the present research project seeks to solve these problems, starting with the diagnosis of reality regarding the state of the road and the importance of it. For the geometric design at the Affirmed level, preliminary studies were carried out in the field, such as traffic study, then design calculations were carried out following the parameters of geometric design standards for unpaved roads and low volume of traffic. transit, determining the elements of design and then the thickness of the necessary affirmed to guarantee the easy and optimal passability of light and heavy vehicles, and thus facilitate the producers to transport their products in good condition and with low freight cost towards the consumer markets .

The geometric design of the road was developed by proposing elements of road signs, in this way contributing to the socioeconomic development of the producers of the Libertad de Cuiparillo - Gloria Sectors, as well as putting into practice the knowledge of the Civil Engineering career, obtained in the classrooms of the faculty.

Keywords: Geometric Design, State, Track, transitivity.



Introducción

Actualmente, la política económica en nuestro país está orientada a lograr de forma integral el desarrollo productivo, económico y social de las regiones, para lo cual el presente trabajo de Tesis se ha visto por necesidad dotar de una mayor eficiencia y calidad en los servicios de tal forma que se asegure y promuevan las inversiones privadas que muchos beneficios generan en todos los campos de la actividad económica y social, por lo que es necesario e imprescindible estar acorde con la dinámica de desarrollo, liderar este proceso y siempre estar a la vanguardia de los cambios estructurales que sufre el país en su conjunto.

Las vías de comunicación representan un factor determinante en el logro de este objetivo, en la presente Tesis denominada **“Diseño Geométrico a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto”**. El proyecto de Tesis en mención es considerado prioritario para alcanzar el desarrollo de la zonas sobre las cuales tiene influencia ésta importante vía; ya que permitirá mejorar el nivel de transitabilidad, facilitar el traslado de pobladores y de la producción de los centros poblados beneficiarios, a los mercados locales, distritales y regionales.

Actualmente el traslado de la producción destinada al mercado es cubierto precariamente mediante el traslado de productos por vía terrestre hasta el Distrito Teniente Cesar López Rojas de y otros; condición que genera significativas pérdidas de productos y demora en la llegada al mercado, lo que se traduce en precios e ingresos bajos y en muchos casos pérdida de los productos ofertados.

Ante esta necesidad, surge la importancia de contar con un estado eficiente de la vía y que contribuya al progreso y bienestar social y el crecimiento socioeconómico de la población, es por ello que elaboro el presente proyecto de tesis, denominado **“Diseño Geométrico a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto”**

CAPÍTULO I

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.1. Generalidades

Debido a que en gran parte la precaria situación económica de los pobladores de las localidades de **Libertad de Cuiparillo – Gloria, distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto**, se debe a que la trocha que une estas localidades se encuentra intransitable por lo que agrava aún más su situación ya que les impide su traslado oportuno de sus alimentos y encarece el tránsito de los pobladores.

El presente trabajo de tesis, se desarrolla en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto teniendo como fin ser un aporte que contribuya a la sociedad, puesto que en nuestro departamento carecemos de un ordenamiento vial adecuado, por lo cual es de suma importancia investigar y proponer soluciones económicas y así apoyar el desarrollo de las localidades de nuestro entorno.

El aporte consiste en formular una propuesta técnica para apoyar al desarrollo de estas localidades, y al mismo tiempo poner a disposición de la Universidad una investigación que servirá como base para futuros proyectos de desarrollo.

1.2. Exploración preliminar orientado la investigación

En la actualidad el país busca un desarrollo integral en base a la eficiencia y calidad de servicios, 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, y por tanto, el departamento de Loreto no está ajeno a esta realidad, por lo que es necesario e imprescindible estar acorde a la dinámica de desarrollo a fin de no quedarnos marginados, social, cultural y económicamente, y siempre estar a la vanguardia de los cambios estructurales que sufre el país en su conjunto.

Las vías vecinales apertura para la comunicación de dos puntos, requiere de un estado de transitabilidad adecuada y para ello es necesario hacer un trabajo adecuado y cumpliendo con las normas y este proceso se denomina Diseño geométrico y realiza a través de los estudios preliminares como estudio de tráfico.

Para realizar un correcto trabajo de diseño geométrico, se hace necesario principalmente los trabajos de campo y como información primaria se considera las encuestas y aforos a los

productores del sector, para obtener la información como las áreas cultivadas, los tipos de productos cultivados y los costos de transporte de los mismos.

El mayor porcentaje de los caminos vecinales de la provincia de Alto Amazonas no cuentan con un estado de transitabilidad adecuado, generando a la población preocupación y descontento con las autoridades, ya que el transporte de los productos de cultivo hacia los mercados de consumo se hace más difícil.

1.2.1. Ubicación geográfica del proyecto

El Proyecto de tesis está ubicada en las áreas geográficas pertenecientes al distrito de Teniente Cesar López Rojas

Región : Loreto
Provincia : Alto Amazonas
Distrito : Teniente Cesar López Rojas
Sector : Libertad de Cuiparillo – Gloria,

Ubicación del Proyecto



Figura 1. Mapa Político del Perú y del Departamento de Loreto. (Fuente: Perú Digital).



Figura 2. Mapa de la Provincia de Alto Amazonas y sus Distritos (Fuente: Perú Digital).



Figura 3. Ubicación del Proyecto (Fuente: Perú Digital).

1.2.2. Aspectos generales de la zona de estudio

Altitud: Se encuentra ubicado en las siguientes Coordenadas UTM del sistema WGS84

Tramo:

- Inicio del tramo (Libertad de Cuiparillo)
*Cota de partida : 143.14 m.s.n.m.
- Final del tramo (Gloria): -
* Cota final : 145.707 m.s.n.m.

1.2.3. Clima

Climatología. - El clima es cálido y corresponde a un área de Selva Baja, húmeda y lluviosa, con precipitaciones constantes entre los meses de diciembre y abril. La época de verano se da entre mayo y setiembre.

Las precipitaciones promedio están alrededor de 2400 mm anuales (según datos proporcionados por la estación de SAN RAMÓN- Alto Amazonas)

Fenómenos Climáticos. - Tormentas prolongadas por varios días, que hacen crecer las quebradas, ocasionando desbordes, que afectan a la población en zonas bajas.

1.2.4. Topografía y sismología

Topografía. - El área de estudio, La Topografía de la zona es ondulada, pendientes mayores a 12% existen zonas bajas donde los cursos de agua atraviesan ciertos tramos del camino.

Sismología. - Según el Decreto Supremo N° 003 – 2016 - Vivienda, Decreto Supremo que modifica la norma técnica E.030 del RNE, la zona del proyecto se encuentra en la zonificación de peligro sísmico: **zona sísmica 3.**

1.2.5. Ubicación y accesibilidad

Ubicación. - El camino vecinal en estudio, forma parte de la red vial de la provincia de Alto Amazonas, específicamente del distrito Teniente Cesar López Rojas de El Área de Estudio, está conformado por tramos viales: Libertad de Cuiparillo – Gloria,

Población Beneficiada. - La población beneficiada suman 1,623 habitantes, los cuales están distribuidos en localidades situadas en el área de influencia de la Tesis “**Diseño Geométrico a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto**”.

1.2.6. Características socio-económicas

La principal actividad económica de la zona de influencia del Proyecto es la producción agrícola, destinada a la comercialización y al autoconsumo, con limitaciones para su transporte hacia los mercados de consumo. Teniendo como un recurso fundamental para la producción agropecuaria al recurso suelo.

Dentro de los principales cultivos que tiene la zona podemos destacar al arroz, en segundo el café, en tercer el cacao, en cuarto el plátano y en menores cantidades maíz, yuca, papaya, menestras, 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.

1.2.7. Hidrografía

Las quebradas en la Selva Baja, tienen significativo tiempo de concentración, por la vegetación existente, en muchos casos tiene poca pendiente, es por eso que hay incidencia de inundaciones en diversos sectores, para este proyecto existen 01 quebrada la cual se está proyectando 01 pontón de 5.00 m para así salvaguardar los cruces del camino vecinal.

1.2.8. Medio Ambiente

Se observa baja contaminación del medio ambiente, sin embargo, existió la tala de árboles en todo el tramo para su construcción afectando de esta manera su estado natural.

1.2.9. Salud

Las personas sufren de paludismo, dengue, neumonía y dolores musculares por el trabajo fuerte de campo. Los niños, de enfermedades gastrointestinales por la falta de agua potable, desnutrición crónica y a veces de picaduras de animales.

1.2.10. Perfil longitudinal y diseño del afirmado.

El Proyecto prevé que la nueva subrasante tenga una Pendiente Máxima Normal del 8% y una Pendiente Máxima Excepcional del 12%.

Resumiendo, se puede decir que la subrasante del nuevo alineamiento vertical que se ha previsto en el Proyecto, presenta unas diferencias mínimas respecto del alineamiento vertical existente, por lo que el movimiento de tierras resulta reducido al mínimo.

Los planos relativos al perfil longitudinal y subrasante se han dibujado en las siguientes escalas: Horizontal: 1/2000. Vertical: 1/200.

Secciones Transversales. - Para establecer la pendiente transversal que garantiza el natural escurrimiento del agua superficial hacia la cuneta lateral se han considerado:

Los datos relativos a la precipitación pluvial de la zona proporcionados por SENAMHI; Coeficiente de escurrimiento correspondiente al tipo de superficie sobre la cual corre el agua (afirmado con material granular); ancho de la plataforma, que corresponde a la distancia que el agua debe recorrer para llegar a la cuneta.

El bombeo considerado es de **2.5%**, de acuerdo al Manual de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes, planteamiento, formulación del problema a resolver

2.1.1. Antecedentes del Problema

Las Carreteras Vecinales de importancia regional necesitan de ser reforzadas. Existen caminos en la región que unen distintos centros poblados que se interconectan a la Carretera Marginal. Estas vías alimentan a las vías regionales y nacionales y deben ser mejoradas. Para orientar la posible inversión futura, se sintetizan estos caminos vecinales por Sub Espacios, Áreas de Tratamiento y provincias.

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.

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.

Se desarrolló la Tesis: **Diseño Geométrico a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto.**

2.1.2. Planteamiento del problema

Teniendo en cuenta el diagnostico situacional del servicio, ha permitido identificar el problema principal es el bajo nivel de transitabilidad ya que las zonas productivas del Sector

Libertad de Cuiparillo – Gloria se encuentran conectadas de un camino vecinal que se está deteriorando por la falta de un mantenimiento adecuado, reduciéndose el ancho de calzada, erosión de plataforma y a la vez dificulta el traslado por el acceso a la vía por el mal estado de la misma.

El proyecto a ejecutar busca realizar el diseño geométrico a Nivel de Afirmado de la Carretera que une la Localidad de Libertad de Cuiparillo – Gloria, del distrito de Teniente Cesar López Rojas, la provincia de Alto Amazonas , Región de Loreto ; que consiste en el diseño de las secciones rectas y tangentes de la vía, estén unidas por curvas, para el diseño geométrico de curvas horizontales debemos reducir las curvas horizontales al mínimo, se tratara de utilizar curvas abiertas usando las más pronunciadas para las condiciones ,más críticas. En lo que concierne al diseño geométrico de curvas verticales se usan para proporcionar un cambio gradual entre las tangentes de la pendiente, de modo que los vehículos puedan transitar sin tropiezo a medida que recorren el tramo.

2.1.3. Justificación del problema

La presente investigación se ha delimitado en el sector que comprende la Localidad de Libertad de Cuiparillo – Gloria (Km 00+000 al 08+600), del distrito de Teniente Cesar López Rojas, la provincia de Alto Amazonas, Región de San Loreto.

Delimitación Espacial. - El presente estudio se verá si algunos métodos usados en otros lugares son aplicables en el Distrito de Teniente Cesar López Rojas a. Esperando que cumplan con las características para una buena calidad y durabilidad de la vía.

Delimitación Temporal. - El presente proyecto se realizará durante el tiempo que implica la planificación, los trabajos en el campo y la posterior obtención de resultados en dicho sector los trabajos en Gabinete.

2.1.4. Formulación del Problema

Por lo mencionado anteriormente formulamos la siguiente interrogante:

¿En qué Medida el Diseño Geométrico a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto mejorar la transitabilidad y la economía de las localidades adyacentes?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Realizar el Diseño Geométrico a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (l= 8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto, que permitirá contar con el transporte rápido y seguro de los productos de la zona y la disminuir el costo actual de transporte.

2.2.2. Objetivos específicos

Realizar el levantamiento topográfico del área de la vía, considerando la afectación en uso predial y áreas donde se proyectarán obras de arte y drenaje.

Realizar los estudios de Mecánica de Suelos, identificando las características físicas, mecánicas, químicas.

Realizar los estudios hidrológicos de la zona.

Elaborar el Diseño Geométrico de la vía y obras de arte, de acuerdo a las normas del Ministerio de transporte y comunicaciones.

Realizar el estudio de Impacto Ambiental con la finalidad de evaluar el medio ambiente antes, durante y después del proyecto.

2.3. Justificación del proyecto

Actualmente los pobladores de la zona del proyecto requieren de una carretera que les permita una transitabilidad fluida de sus productos y pobladores, que permitan la intercomunicación entre otros caseríos como también el acceder a mercados locales cercanos 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.

2.4. Delimitación de la investigación

La presente investigación se ha delimitado en el sector que comprende la localidad de Libertad de Cuiparillo – Gloria (l= 8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto.

2.5. Marco teórico y conceptual

2.5.1. Antecedentes de la investigación

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.

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.

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 carretas.

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.

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).

Cantera Jave, Álvaro Fernando; Chávarry Ruiz, Luis Raúl; Cubas Pérez, Rolando Miguel, en su tesis: Estudio del Mejoramiento de la Carretera Jesús - Lacas, Tramo: Jesús – Hualqui (Cajamarca), nos da una idea acerca de la importancia del drenaje y de los criterios de pavimento en el diseño de carreteras.

2.5.2. Fundamentación teórica de la investigación

2.5.2.1. Clasificación de las Carreteras

2.5.2.1.1. Clasificación según su jurisdicción

Sistema Nacional. - Corresponde la red de carreteras de Interés Nacional y que unen los puntos principales de una nación.

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

- Carreteras Longitudinales
- Carreteras de penetración

Sistema Departamental. - Compuesto por aquellas carreteras que constituyen la red vial circunscrita a la zona de un departamento, división política de la nación, uniendo Capitales de Provincia o zonas de Influencia Económica social dentro del mismo Departamento.

Sistema Vecinal. - Conformado por aquellas carreteras de carácter local y que unen aldeas y pequeñas poblaciones entre sí.

2.5.2.1.2. Metodología para el estudio de la demanda de tránsito

El Índice Medio Diario Anual de Tránsito (IMDA). - En los estudios del tránsito se puede tratar de dos situaciones: el caso de los estudios para carreteras existentes, y el caso para carreteras nuevas, es decir que no existen actualmente.

En el primer caso, el tránsito existente podrá proyectarse mediante los sistemas convencionales que se indican a continuación. El segundo caso requiere de un estudio de desarrollo económico zonal o regional que lo justifique.

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.

Cálculo de tasas de crecimiento y la proyección

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o(1 + i)^{n-1} \dots\dots\dots(1)$$

T_n = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día

T_o = Tránsito actual (año base 0) en veh/día

n = Años del periodo de diseño

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico, normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio. Estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos por implementarse con certeza a corto plazo en la zona de la carretera.

La proyección puede también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población. Y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos datos sobre índices de crecimiento normalmente obran en poder de la región.

2.5.2.2. La velocidad de diseño y su relación con el costo de la carretera

La velocidad de diseño es muy importante para establecer las características del trazado en planta, elevación y sección transversal de la carretera.

Definida la velocidad del diseño para la circulación del tránsito automotor, se procederá al diseño del eje de la carretera, siguiendo el trazado en planta compuesto por tramos rectos (en tangente) y por tramos de curvas circulares y espirales. Y similarmente del trazado

vertical, con tramos en pendiente rectas y con pendientes curvilíneas, normalmente parabólicas.

La velocidad de diseño está igualmente relacionada con el ancho de los carriles de circulación y, por ende, con la sección transversal por adoptarse.

La velocidad de diseño es la que establecerá las exigencias de distancias de visibilidad en la circulación y, consecuentemente, de la seguridad de los usuarios de la carretera a lo largo del trazado.

2.5.2.2.1. Definición de la velocidad de diseño

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.

2.5.2.2.2. Velocidad de Circulación

La velocidad de circulación corresponderá a la norma que se dicte para señalar la carretera y limitar la velocidad máxima a la que debe circular el usuario, que se indicará mediante la señalización correspondiente.

2.5.2.3. Sección transversal de diseño

Es a la selección de las dimensiones que debe tener la sección transversal de la carretera, en las secciones rectas (tangente) y en los diversos tramos.

Para dimensionar la sección transversal, se tendrá en cuenta que las carreteras de bajo volumen de tránsito, solo requerirán:

- a) Una calzada de circulación vehicular con dos carriles, una para cada sentido.
- b) Para las carreteras de menor volumen, un solo carril de circulación, con plazoletas de cruce y/o de volteo cada cierta distancia, según se estipula más adelante.

El ancho de la carretera, en la parte superior de la plataforma o corona, podrá contener además de la calzada, un espacio lateral a cada lado para bermas y para la ubicación de guardavías, muros o muretes de seguridad, señales y cunetas de drenaje.

La sección transversal resultante será más amplia en territorios planos en concordancia con la mayor velocidad del diseño. En territorios ondulados y accidentados, tendrá que restringirse lo máximo posible para evitar los altos costos de construcción, particularmente

más altos en los trazados a lo largo de cañones flanqueados por farallones de roca o de taludes inestables.

2.5.2.4. Tipos de superficie de rodadura

En el Manual de Diseño para Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, se ha considerado que básicamente se utilizarán los siguientes materiales y tipos de superficie de rodadura:

Carreteras de tierra y carreteras de grava.

Carreteras afirmadas con material granular y/o estabilizados.

Los criterios más importantes a fin de seleccionar la superficie de rodadura para una carretera afirmada, establecen que, a mayor tránsito pesado, medido en ejes equivalentes destructivos, se justificará utilizar afirmados de mayor rendimiento y que el alto costo de la construcción debe impulsar el uso de materiales locales para abaratar la obra, lo que en muchos casos podrá justificar el uso de afirmados estabilizados. También es importante establecer que la presión de las llantas de los vehículos, deben mantenerse bajo las 80 psi libras por pulg² de presión para evitar daños graves a la estructura de los afirmados.

2.5.2.5. Elementos del diseño geométrico

Los elementos que definen la geometría de la carretera son:

- a) La velocidad de diseño seleccionada.
- b) La distancia de visibilidad necesaria.
- c) La estabilidad de la plataforma de la carretera, de las superficies de rodadura, de puentes, de obras de arte y de los taludes.
- d) La preservación del medio ambiente.

En la aplicación de los requerimientos geométricos que imponen los elementos mencionados, se tiene como resultante el diseño final de un proyecto de carretera estable y protegida contra las inclemencias del clima y del tránsito.

Para este efecto, este manual incluye la manera en que debe resolverse los aspectos de diseño de la plataforma de la carretera; estabilidad de la carretera y de los taludes inestables; preservación del ambiente; seguridad vial; y diseño propiamente, incluyendo los estudios básicos necesarios, tales como topografía, geología, suelos, canteras e hidrología, que permiten dar sustento al proyecto.

Para el buen diseño de una carretera de bajo volumen de tránsito se consideran claves las siguientes prácticas:

Limitar al mínimo indispensable el ancho de la carretera para restringir el área alterada.

Evitar la alteración de los patrones naturales de drenaje.

Proporcionar drenaje superficial adecuado.

Evitar terrenos escarpados con taludes de más de 60%.

Evitar problemas tales como zonas inundadas o inestables.

Mantener una distancia de separación adecuada con los riachuelos y optimizar el número de cruces de cursos de agua.

Minimizar el número de contactos entre la carretera y las corrientes de agua.

Diseñar los cruces de quebradas y ríos con la suficiente capacidad y protección de las márgenes contra la erosión, permitiendo, de ser el caso, el paso de peces en todas las etapas de su vida.

Evitar la constricción del ancho activo de los riachuelos, ríos y cursos de agua (ancho con el caudal máximo).

Conseguir una superficie de rodadura de la carretera estable y con materiales físicamente sanos.

Instalar obras de subdrenaje donde se necesite, identificando los lugares activos durante la estación de lluvias.

Reducir la erosión colocando cubiertas vegetales o físicas sobre el terreno en cortes, terraplenes, salidas de drenajes y cualquier zona expuesta a corrientes de agua.

Usar ángulos de talud estables en cortes y rellenos.

Usar medidas de estabilización de taludes, de estructuras y de obras de drenaje conforme se necesiten y sea económicamente seleccionada.

Aplicar técnicas especiales al cruzar terrenos agrícolas, zonas ribereñas, y cuando se tienen que controlar las quebradas.

Proporcionar un mantenimiento debidamente planeado y programado.

Cerrar o poner fuera de servicio a las carreteras cuando no se usen o cuando ya no se necesiten

2.5.2.5.1. Distancia de visibilidad

Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera que es visible al conductor del vehículo. En diseño, se consideran tres distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior en el mismo sentido; y la distancia requerida para cruzar o ingresar a una carretera de mayor importancia.

2.5.2.5.2. Visibilidad de parada

Distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de 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 1.10 m por encima de la rasante de la carretera.

Tabla 1

Distancia de visibilidad de Parada

Velocidad directriz (Km./h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Esta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada iguales o mayores a 6%.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada. En el cuadro N° 01 se muestran las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad directriz y de la pendiente. En carreteras de muy bajo volumen de tránsito, de un solo carril y tráfico en dos direcciones, la distancia de visibilidad deberá ser por lo menos dos veces la correspondencia a la visibilidad de parada y para el caso de la distancia de visibilidad de cruce, se aplicarán los mismos criterios que los de visibilidad de parada.

2.5.2.5.3. Visibilidad de adelantamiento

Distancia de visibilidad de adelantamiento (paso) es la mínima distancia que debe ser visible para facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a velocidad 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 sobrepaso.

Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento, se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.10 m.

La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible de la carretera cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, en el costo de construcción.

La distancia de visibilidad de adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz tal como se muestra en el cuadro N° 02.

Tabla 2

Distancia de visibilidad de adelantamiento

Velocidad directriz (Km/h)	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
30	200
40	270
50	345
60	410

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

2.5.2.6. Alineamiento horizontal

2.5.2.6.1. Curvas horizontales

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 5 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, se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas

2.5.2.6.2. Curvas de transición

Todo vehículo automotor sigue un recorrido de transición al entrar o salir de una curva horizontal. El cambio de dirección y la consecuente ganancia o pérdida de las fuerzas laterales no pueden tener efecto instantáneamente.

Con el fin de pasar de la sección transversal con bombeo, correspondiente a los tramos en tangente a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobre ancho, es necesario intercalar un elemento de diseño con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

Cuando el radio de las curvas horizontales sea inferior al señalado en el cuadro N° 03, se usarán curvas de transición. Cuando se usen curvas de transición, se recomienda el empleo de espirales que se aproximen a la curva de Euler.

Tabla 3

Necesidad de curvas de transición

Velocidad directriz (Km/h)	Radio m
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

Cuando se use curva de transición, la longitud de la curva de transición no será menor que L_{min} ni mayor que $L_{máx}$, según las siguientes expresiones:

$$L_{\min} = \frac{0.0178 \times V^3}{R} \dots\dots\dots(2)$$

$$L_{\max} = (24R)^{0.5} \dots\dots\dots(3)$$

R = Radio de curvatura circular horizontal

L_{min} = Longitud mínima de la curva de transición

L_{máx} = Longitud máxima de la curva de transición en metros

V = Velocidades directriz en Km/h

La longitud deseable de la curva de transición, en función del radio de la curva circular, se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4

Longitud deseable de la curva transición

Radio de curva circular (m)	Longitud deseable de la curva transición (m)
20	11
30	17
40	22
50	28
60	33

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

2.5.2.6.3. Distancia de visibilidad de curvas horizontales

La distancia de visibilidad en el interior de las curvas horizontales es un elemento del diseño del alineamiento horizontal.

Cuando hay obstrucciones a la visibilidad en el lado interno de una curva horizontal (tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales), se requiere un ajuste en el diseño de la sección transversal normal o en el alineamiento, cuando la obstrucción no puede ser removida.

De modo general, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad será, por lo menos, igual a la distancia de parada correspondiente y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva.

2.5.2.6.4. El peralte de la carretera

Se 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%.

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:

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots(5)$$

Los valores máximos de la fricción lateral a emplearse son los que se señalan.

Tabla 5

Fricción transversal máxima en curvas

Velocidad directriz (Km/h)	Fmáx
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Estos valores de Radios mínimos y peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. En este mismo cuadro se muestran los valores de la fricción transversal máxima.

Tabla 6*Radios mínimos y peraltes máximos*

Velocidad (km/h)	directriz	Peralte e(%)	máximo	Valor límite de fricción	Calculado radio	Redondeo radio mínimo
20		4		0.18	14.3	15
30		4		0.17	33.7	35
40		4		0.17	60	60
50		4		0.16	98.4	100
60		4		0.15	149.1	150
20		6		0.18	13.1	15
30		6		0.17	30.8	30
40		6		0.17	54.7	55
50		6		0.16	89.4	90
60		6		0.15	134.9	135
20		8		0.18	12.1	10
30		8		0.17	28.3	30
40		8		0.17	50.4	50
50		8		0.16	82	80
60		8		0.15	123.2	125
20		10		0.18	11.2	10
30		10		0.17	26.2	25
40		10		0.17	46.6	45
50		10		0.16	75.7	75
60		10		0.15	113.3	115
20		12		0.18	10.5	10
30		12		0.17	24.4	25
40		12		0.17	43.4	45
50		12		0.16	70.3	70
60		12		0.15	104.9	105

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

En carreteras cuyo IMDA de diseño sea inferior a 200 vehículos por día y la velocidad directriz igual o menor a 30 km/h, el peralte de todas las curvas podrá ser igual al 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 pleno, se desarrolla en una longitud de vía

denominada transición. La longitud de transición del bombeo en aquella en la que gradualmente, se desvanece el bombeo adverso. Se denomina longitud de transición de peralte a aquella longitud en la que la inclinación de la sección gradualmente varía desde el punto en que se ha desvanecido totalmente el bombeo adverso hasta que la inclinación corresponde a la del peralte.

En el cuadro N° 07 se muestran las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición peralte en función de velocidad directriz y del valor del peralte.

Tabla 7

Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m)

Velocidad (Km./h)	directriz	Valor del 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

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

El giro del peralte se hará, en general, alrededor del eje de la calzada. En los casos especiales, como, por ejemplo, en terreno muy llano, puede realizarse el giro alrededor del borde interior cuando se desea resaltar la curva.

2.5.2.6.5. Sobre ancho de la calzada en curvas circulares

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. A continuación, presentan los sobre anchos requeridos para calzadas de doble carril.

Tabla 8*Ancho de la calzada en curvas circulares (calzada de dos carriles de circulares (m))*

Velocidad adirectriz z km/h	Radio de curva (m)																
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
20	*	6.5	4.7	3.1	2.3	1.9	1.6	1.2	1.0	0.8	0.7	0.5	0.3	0.3	0.2	0.1	0.14
30		2	3	3	7	2	2	4	1	3	0.7	5	9	0.3	5	8	0.18
40			4.9	3.3	2.5	2.0	1.7	1.3	1.1	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.2	0.21
50					2.6	2.2	1.8	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.24
60								1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2	0.27
									1.4	1.1	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	
									1	9	3	3	2	0.5	3	3	

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

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.

2.5.2.7. Alineamiento vertical

2.5.2.7.1. Consideraciones para el 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 dichas rectas son tangentes.

Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas.

A efectos de definir el perfil longitudinal, se considerarán como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una transición gradual continuán entre tramos con pendientes diferentes.

Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán los siguientes criterios, salvo casos Suficientemente justificados:

En carreteras de calzada única, el eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada. Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje. En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.

2.5.2.7.2. Curvas Verticales

Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 1%, para carreteras no pavimentadas y mayor a 2% para las afirmadas y la longitud de curva vertical será igual:

$$L = K \times A \dots\dots\dots (6)$$

K= Índice de curvatura

A= Diferencia algebraica de las pendientes

Los valores de los índices K se muestran en los cuadros siguientes

Tabla 9

Índice k para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.

Velocidad directriz Km./h	LONGITUD CONTROLADA POR FRENADO	LONGITUD CONTROLADA DE VISIBILIDAD	LONGITUD CONTROLADA POR DE VISIBILIDAD ADELANTAMIENTO	Índice de curvatura K
	Distancia visibilidad frenado m.	de Índice de de curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento	
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

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Tabla 10

Índice k para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.

VELOCIDAD KM/H	DIRECTRIZ DISTANCIA VISIBILIDAD	DE ÍNDICE DE CURVATURA K
20	20	2.1
30	35	5.1
40	50	8.5
50	65	12.2
60	85	17.3

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

2.5.2.7.3. Pendiente

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 N°10.

En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3 000 msnm, los valores máximos del cuadro N°10 para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%.

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.

Las reglas que se dan al respecto se pueden reducir a dos enunciados que son los siguientes:

1ra. Cuando los radios de curva son inferiores a 150 m, se suele disminuir la pendiente de la curva en 0.5% por cada 15 m. que el radio baje de 150 m.

2da. Para radios menores de 100 m, la pendiente en la curva no debe exceder del 5%.

Además la fórmula que regula la disminución de la pendiente en curvas es la siguiente:

$$C = \frac{38i}{R} \dots\dots\dots(7)$$

C = Reducción de la pendiente (en tanto por ciento)

i = Pendiente (en tanto por ciento)

R = Radio de la curva (en metros)

Tabla 11*Pendientes máximas*

VELOCIDAD DE DISEÑO	OROGRAFÍA TIPO			
	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
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: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos, cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. Se determinará la frecuencia y la ubicación de estos tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas y los menores incrementos del costo de construcción.

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 2000m no supere el 6%, las pendientes máximas que se indican en el cuadro N° 3.3.3a son aplicables.

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

2.5.2.8. Coordinación entre el diseño horizontal y del diseño vertical

El diseño de los alineamientos horizontal y vertical no debe realizarse independientemente. Para obtener seguridad, velocidad uniforme, apariencia agradable y eficiente servicio al tráfico, es necesario coordinar estos alineamientos.

La superposición (coincidencia de ubicación) de la curvatura vertical y horizontal generalmente da como resultado una carretera más segura y agradable. Cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la curvatura horizontal, pueden conllevar una serie de depresiones no visibles al conductor del vehículo.

No es conveniente comenzar o terminar una curva horizontal cerca de la cresta de una curva vertical. Esta condición puede resultar insegura especialmente en la noche, si el conductor

no reconoce el inicio o final de la curva horizontal. Se mejora la seguridad si la curva horizontal guía a la curva vertical. La curva horizontal debe ser más larga que la curva vertical en ambas direcciones.

Para efectos del drenaje, deben diseñarse las curvas horizontal y vertical de modo que éstas no sean cercanas a la inclinación transversal nula en la transición del peralte.

El diseño horizontal y vertical de una carretera deberá estar coordinado de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura. Concretamente, se evitará que, circulando a la velocidad de diseño, se produzcan pérdidas visuales de trazado, definida ésta como el efecto que sucede cuando el conductor puede ver, en un determinado instante, dos tramos de carretera, pero no puede ver otro situado entre los dos anteriores.

Para conseguir una adecuada coordinación de los diseños, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Los puntos de tangencia de toda curva vertical, en coincidencia con una curva circular, estarán situados dentro de la zona de curvas de transición (Clotoide) en planta y lo más alejados del punto de radio infinito o punto de tangencia de la curva de transición con el tramo en recta.

En tramos donde sea previsible la aparición de hielo, la línea de máxima pendiente (longitudinal, transversal o la de la plataforma) será igual o menor que el diez por ciento.

2.5.2.9. Sección Transversal

Calzada. - En el diseño de carreteras de muy bajo volumen de tráfico $IMDA < 50$, la calzada podrá estar dimensionada para un solo carril, en los demás casos la calzada se dimensionará, para dos carriles.

En el cuadro N° 11, se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

Tabla 12*Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (m)*

Tráfico	<15	16 á 50	51 á 100	101 á 200	201 á 300	301 á 400	401 á 500
IMDA							
Velocidad							
Km/h							
25	3.50	3.50	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
30	3.50	4.00	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00
40	3.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
50	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

En los tramos en recta, la sección transversal de la calzada presentará inclinaciones transversales (bombeo) desde el centro hacia cada uno de los bordes para facilitar el drenaje superficial y evitar el empozamiento del agua.

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 IMDA 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.

Bermas.- 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.

En los tramos en tangentes las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.

La berma situada en el lado inferior del peralte seguirá la inclinación de este cuando su valor sea superior al cuatro por ciento (4%). En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al cuatro por ciento (4%).

La berma situada en la parte superior del peralte tendrá en lo posible una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es

igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7%, la berma superior quedará inclinada hacia la calzada con una inclinación igual a la inclinación del peralte menos 7%.

Ancho de la plataforma.- El ancho de la plataforma a rasante terminada resulta de la suma del ancho en calzada y del ancho de las bermas.

La plataforma a nivel de la subrasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas integrantes del afirmado y la cuneta de drenaje.

Plazoletas.- Los ensanches de plataforma (plazoletas) están determinados en función de la clasificación del tipo de orografía cuya relación se encuentra definida en la Tabla 304.12 de la Norma de DG – 2014.

Tabla 13

Dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma

Orografía	Dimensiones Mínimas		Separación máxima a cada lado (m)		
	Ancho (m)	Largo (m)	Carretera de	Carretera	Carretera
			Primera Clase	de Segunda Clase	de Tercera Clase
Plano	3	30	1,000	1,500	2,000
Ondulado	3	30	1,000	1,500	2,000
Accidentado	3	25	2,000	2,500	2,500
Escarpado	2.5	25	2,000	2,500	2,500

Fuente: Manual de Carreteras - Diseño Geométrico (DG-2014), Tabla 304.12

En carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito, se construirán ensanches en la plataforma, cada 500 m como mínimo para que puedan cruzarse los vehículos opuestos o adelantarse aquellos del mismo sentido. La ubicación de las plazoletas se fijará de preferencia en los puntos que combinen mejor la visibilidad a lo largo de la carretera con la facilidad de ensanchar la plataforma.

2.5.2.10. Eje de la Carretera

El eje de la carretera se detalla en la vista en planta del proyecto horizontal que se mostraran en planos.

Este eje está compuesto por alineamientos horizontales rectos, enlazados por alineamientos horizontales curvos. Este eje, se encuentra seccionado partiendo del punto inicial de carretera (Po) cada 20 metros o menos hasta llegar al punto final de carretera (PF).

Paralelos al eje se dibujan los bordes de la calzada y de los espaldones.

Curvas Horizontales

Según Crespo Villalaz en su libro, Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos “Vías de comunicación”, hace mención lo siguiente: La curva circular simple, es la que prevalece en el diseño de este proyecto. Sus elementos obedecen a la geometría y a la trigonometría de un arco de curva, sostenido por una cuerda que se proyecta entre un mismo radio.

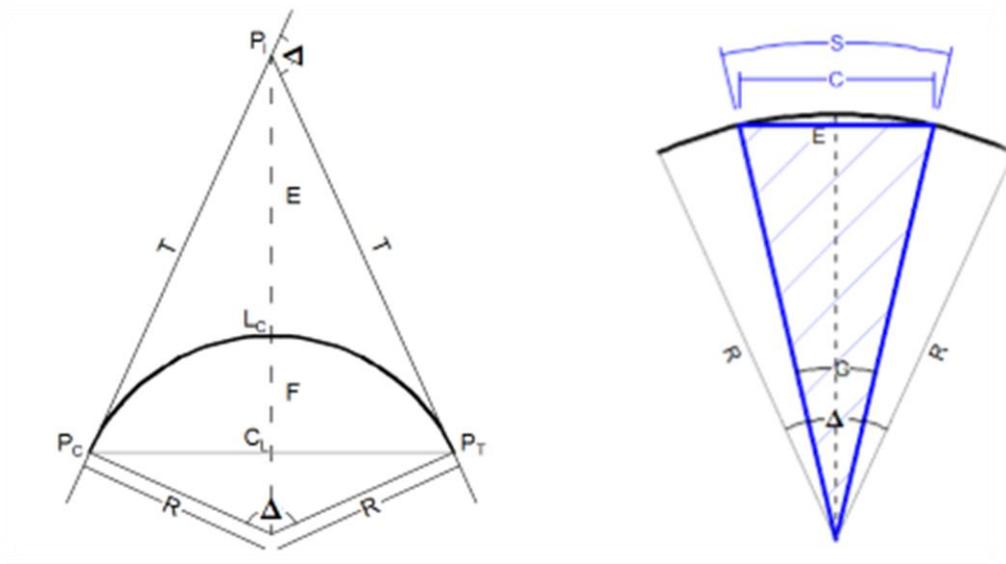


Figura 4: Grafico de curva horizontal (Fuente: Elaboración propia)

Tangente:

$$T = R \times Tg \left(\frac{\Delta}{2} \right) \dots \dots \dots (8)$$

Grado de Curvatura:

$$G_C = \left(\frac{c \times 360^\circ}{2 \times \pi \times R} \right) \dots \dots \dots (9)$$

Longitud de Curva:

$$L_C = \frac{C \times \Delta}{G_C} \dots\dots\dots(10)$$

Externa:

$$E = T \times Tg \left(\frac{\Delta}{4} \right) \dots\dots\dots(11)$$

Cuerda Larga:

$$C_L = 2R \times Sen \left(\frac{\Delta}{2} \right) \dots\dots\dots(12)$$

Flecha:

$$F = R(1 - Cos \left(\frac{\Delta}{2} \right)) \dots\dots\dots(13)$$

Principio de Curva:

$$PC = PI - T \dots\dots\dots(14)$$

Punto de Tangencia:

$$PT = PI + T \dots\dots\dots(15)$$

Sobre ancho

Según Harold Alberto Ramírez García, en su informe de ingeniería nos indica que: En las carreteras, los vehículos que transitan en ella e ingresan a una curva se exponen a la invasión de carriles por parte de los vehículos que viajan en dirección opuesta, usualmente los pesados, por motivo de sus mayores dimensiones.

Es por esto que en tramos complicados se realiza un ensanchamiento de la calzada en el borde interno para ofrecer mayor seguridad y facilidad a los conductores para superar la curva.

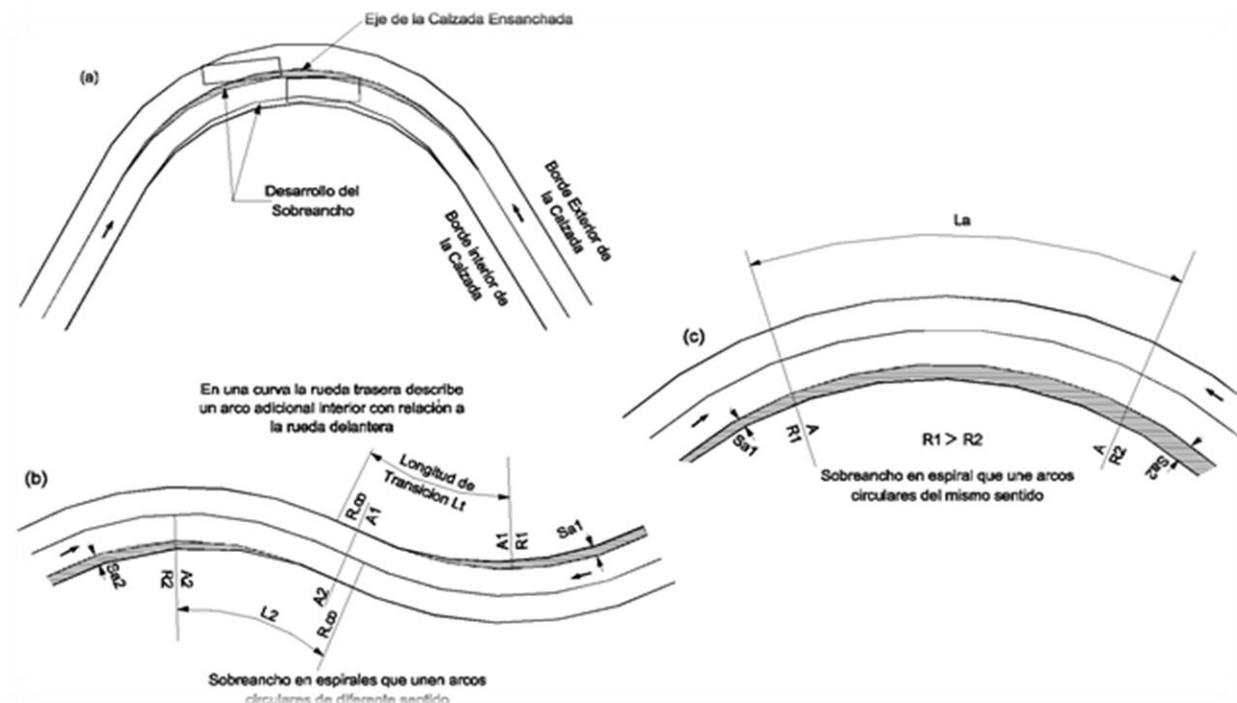


Figura 5: Sobreescurto en curvas (Fuente: Informe de ingeniería (Harold Alberto Ramírez García))

Diseño vertical

Según, Juan Nicolás Moreno Bayona, “Manual para Diseño de Carreteras”, nos indica que: se debe especificar información relacionada a la altimetría, como el perfil longitudinal, curvas verticales, el peralte, etc. También sus parámetros más importantes tales como gradientes longitudinales, gradientes transversales, bombeos, cotas, etc.

Perfil longitudinal

Según Crespo Villalaz, en su libro, Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos “Vías de comunicación”, hace mención lo siguiente: Es la proyección del eje real de la vía sobre una superficie vertical paralela a la misma. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrara la longitud real del eje de la vía. A este eje también se lo denomina subrasante.

Aquí se detallan los alineamientos verticales, su gradiente longitudinal, así como las curvas verticales con sus parámetros más importantes y cotas respectivas. Se denota la línea roja que representa el perfil del terreno natural sobre el que se construirá el proyecto que a su vez será denotado con la línea negra.

2.5.2.11. Topografía

Topografía y trazado

El plano topográfico es la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, y de las instalaciones 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 por el ingeniero y para la adecuada representación de la carretera y de las diversas estructuras que lo componen.

En los reconocimientos, se recomienda usar de preferencia planos a escala en el rango entre 1:2000 y 1:10000 con curvas de nivel, a intervalos de altura de 5 m. En terrenos muy empinados, no es posible el dibujo de curvas a este intervalo y será necesario elegir un intervalo mayor en que la distancia horizontal en el dibujo, entre dos curvas de nivel sea mayor a 1mm.

En los diseños definitivos, se recomienda utilizar planos en planta horizontales normalmente en el rango de 1:500 y 1:1000 para áreas urbanas; y de 1:1000 y 1:2000 para áreas rurales. Y curvas a nivel a intervalos de 0.5 m. a 1.0 m. de altura en áreas rurales y a intervalos de 0.5 m. en áreas urbanas.

Los planos topográficos para proyectos definitivos de gran magnitud deben estar referidos a los controles terrestres de la cartografía oficial, tanto en ubicación geográfica como en elevación, para lo cual deberá señalarse en el plano el hito Datum o BM tomado como referencia.

El trazado se referirá 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 puede hacerse usualmente en dos formas alternativas. La más común resulta ser el levantamiento ejecutado en una estrecha franja del territorio, a lo largo de la localización proyectada para la carretera y su derecho de vía. La alternativa es hacer levantamientos topográficos sobre un área más amplia que permitirá el estudio en gabinete de variantes en el trazo para optimizar el diseño y minimizar los costos.

En el caso del levantamiento restringido a prácticamente el derecho de vía de la carretera, el trabajo se realizará simultáneamente con el estacado preliminar en el terreno y seguramente definitivo. Este trazado constituye lo que se denomina el trazado directo.

Coordinación entre el trazo en planta y el trazo en elevación

El trazo geométrico de una carretera resulta de la combinación armoniosa de las características de su planta y de su perfil. Si se analiza independientemente cada una de ellas, es posible que se cumpla con los requisitos obligados por las normas; pero si se combinan, por ejemplo, los análisis de visibilidad, es posible que se tenga que hacer algunas modificaciones para que ésta se cumpla en la planta y en el perfil conjuntamente.

Para obtener esta combinación armoniosa y eficaz de acuerdo a las normas establecidas, y con el objeto de tener soluciones que se adecuen al terreno y a consideraciones de menos costo y mayor seguridad, se debe observar las siguientes reglas:

Las características geométricas serán uniformes evitándose variaciones bruscas, tanto de radios como de pendientes, lo que favorece la fluidez del tránsito y evita cambios bruscos en la velocidad directriz.

Debe evitarse colocar curvas horizontales en los puntos altos o bajos del perfil longitudinal. Se evitará hasta donde sea posible las tangentes largas con puntos altos y bajos (tobogán).

El trazado en conjunto armonizará con el paisaje o en todo caso deberá perturbar lo menos posible.

Evitar cruces de carreteras en curvas horizontales o verticales y, en todo caso, estudiar muy bien la visibilidad para las maniobras de salida y entrada de la carretera.

2.5.3. Efectos indirectos a gran escala

Efectos negativos en la apertura al tráfico a una región. - La apertura de una región que antes era inaccesible al tráfico motorizado, mediante la construcción, ampliación o mejora de un camino, ocasiona una alteración más o menos profunda de las condiciones de vida del área afectada, con respecto al potencial de desarrollo existente.

Las actividades humanas que aparecen o se multiplican como consecuencia de la nueva infraestructura, y las cargas ambientales que ello conlleva, son de muy diversa naturaleza, y no es posible describir aquí sus efectos con detalle (migraciones, proliferación incontrolada de asentamientos, modificación del uso del suelo, etc.). Además, se producen alteraciones de las condiciones socio-culturales y socio-económicas que deben analizarse con sumo cuidado como posibles efectos secundarios.

Deberán estudiarse igualmente las posibilidades de evitar o atenuar los efectos negativos de la apertura al tráfico de regiones inaccesibles adoptando las medidas paralelas oportunas (plan de ordenación del suelo, normas de asentamiento y control del cumplimiento).

Impactos sobre zonas que deben ser protegidas.- La creación de una vía de enlace lo más rápida posible entre dos puntos es un objetivo técnico-económico cuya realización plantea dos problemas básicos: por un lado, la necesidad de tener en cuenta los elementos que no pueden ser desplazados (obstáculos naturales o debidos al tráfico); por otro, la necesidad de rodear ciertas zonas que deben ser protegidas por determinadas razones: preservación de la vegetación, interés paisajístico, reserva natural, tierras valiosas para la agricultura, concentración de edificios, patrimonio histórico, o por constituir pequeños biotopos, hábitat de animales salvajes y reservas faunísticas.

2.5.4. Efectos lineales directos o efectos puntuales

2.5.4.1. Influencia sobre el entorno

La aplicación de los principios que rigen la construcción tradicional de caminos puede contribuir a atenuar la impresión de injerencia artificial en la naturaleza.

Cuando estos principios no se respetan debidamente se produce un deterioro del entorno paisajístico, como ocurre, por ejemplo, en el caso de cortes profundos en el terreno, terraplenes de gran altura o trazado irregular.

2.5.4.2. Efectos agregados por la escisión de los sistemas ecológicos existentes y modificación del microclima

Un camino supone una escisión del terreno que atraviesa (tanto más profunda cuanto mayor sea la diferencia de altura entre la calzada y el terreno natural). Para el ser humano y para los animales se levanta una barrera que perturba las funciones utilitarias de los espacios naturales (p. ej. movimientos migratorios).

Al bloquearse el movimiento del agua y del aire, al aparecer la umbría, la acumulación de frío y de calor, la pérdida o acumulación de humedad y demás efectos de dispersión, se produce una serie de alteraciones del microclima que pueden perjudicar o destruir los sistemas existentes.

No siempre es posible evitar estos efectos negativos, pero se puede atenuar su incidencia, p. ej., mediante el tendido de viaductos, la construcción de un mayor número de pasos de agua

o más grandes, la instalación de vallas protectoras para el paso de animales salvajes o la reducción del desnivel de los taludes.

2.5.4.3.Deterioro del paisaje y consumo de suelo

El camino ocupa una franja de terreno más o menos ancha, limitada físicamente por el terraplén o por el corte (incluyendo las zanjas y otras construcciones), y justificada jurídicamente por la propiedad sobre el suelo implícita en la legislación sobre vías públicas. Además, en muchos países es habitual extraer el material necesario para la construcción del terraplén directamente de los alrededores del camino, utilizando excavadoras o bulldozers para formar hondonadas planas.

Este método facilita sin duda las tareas de transporte, pero aumenta considerablemente el consumo de terreno y deja tras de sí, cuando no existe un requerimiento expreso de nivelación, una serie de cortes longitudinales en el terreno que pueden verse afectados por la erosión o retener aguas estancadas donde se reproduzcan fácilmente gérmenes patógenos. Aunque gran parte de las tierras y rocas necesarias se extraen de fosos o canteras, es importante dejar el terreno, una vez finalizadas las obras, en una situación lo más parecida posible a su estado natural.

Asimismo, los restos de tierra o material de construcción que no hayan sido utilizados, así como los residuos de las obras, deben eliminarse sin dañar el medio ambiente.

Una vez construido el nuevo camino, puede ocurrir en ocasiones que el tránsito de rebaños y de los vehículos agrícolas de tracción animal sea desviado a una pista paralela no compactada. Según el grado de utilización y las características del suelo, estas pistas pueden ahondarse por efecto de la erosión del viento y del agua o quedar intransitables en determinadas estaciones del año, o bien extenderse más aún a causa del permanente desplazamiento a que se ven sometidas.

Para evitar estos efectos, deberán aplicarse en estas vías las mismas medidas de mantenimiento que se utilizan en los caminos.

En la construcción de un camino conviene observar la distancia obligatoria con respecto a las veredas tradicionales destinadas al ganado.

2.5.4.4. Destrucción de la vegetación y de la capa vegetal

En ocasiones, el corredor que se abre para la construcción del camino tiene una anchura muy superior a la necesaria, con el fin de retardar el crecimiento de árboles y arbustos junto al camino y de evitar que los árboles de bosques colindantes puedan caer sobre la calzada en caso de tempestad.

En algunos casos, el roce del terreno se realiza por fuego. Este hecho, sumado a las cargas mecánicas que sufre la delgada y sensible capa de humus durante la época de la construcción, puede ocasionar la erosión del suelo.

En la planificación de las obras deberán considerarse una serie de aspectos, que requieren una definición técnica y contractual y un control por parte de la dirección de obra, tales como: tratamiento adecuado de la vegetación, especialmente de la arbórea, conservación de las márgenes de bosques o de árboles aislados, reforestación, renovación de la capa de humus, ajardinamiento de las superficies de suelo que queden al descubierto, así como su conveniente cuidado a largo plazo, formación de silos con la tierra vegetal extraída, mantenimiento y posterior reutilización.

2.5.4.5. Erosión del suelo y modificación de su estructura

El despeje inadecuado del terreno, la desatención de las propiedades mecánicas de los suelos, la estimación errónea -o su omisión- de la estabilidad de los taludes del terraplén y del corte da lugar a un deterioro progresivo de la estructura del camino y de su entorno inmediato que, en casos extremos (especialmente cuando las condiciones meteorológicas son adversas), llega a ocasionar su descomposición total y su transitabilidad.

Adicionalmente, el corrimiento, asentamiento y lavado de amplias áreas de suelo provocan fenómenos de erosión considerables que afectan no sólo al área propiamente dicha del camino, sino también, sobre todo en terrenos accidentados y montañosos, a las pendientes o a las hondonadas cercanas.

Hasta las pendientes rocosas de apariencia sólida se desestabilizan cuando se hacen incisiones en el terreno sin tener en cuenta las estructuras geológicas, o con cargas explosivas excesivamente fuertes.

La erosión del suelo producida por el agua se debe normalmente a la fuerza de arrastre de la corriente. En las zonas áridas y semiáridas, en cambio, hay que prestar atención a la erosión del viento producida o al menos favorecida por la eliminación de la vegetación, aunque sea poco abundante, o por las condiciones aerodinámicas desfavorables del emplazamiento (altitud, formación de dunas).

Si se utilizan materiales de granulado fino en capas no compactadas, el mero tránsito de los vehículos hace que la erosión del viento (formación de polvo) o del agua (lavado) destruya a largo plazo la superficie del camino.

Para minimizar los riesgos de degradación se necesita un análisis pericial del suelo, una planificación y seguimiento de la obra en los trabajos de movimientos de tierras y de rocas, así como un mantenimiento regular del camino y de su entorno que permita eliminar los daños menores ya en la fase inicial, evitando que trasciendan sus efectos negativos.

Es imprescindible recubrir cuanto antes las superficies de tierra desnudas con plantas autóctonas (herbáceas, cubierta vegetal), a fin de estabilizar la vida vegetal del lugar con especies de raíces profundas, setos y vallas trenzadas. La cobertura vegetal desempeña además un papel importante al permitir una evacuación cuidadosa de las aguas de infiltración y superficiales sin erosionar el suelo.

En la construcción de vías de tercer orden como, p. ej. Caminos vecinales, vías de enlace y de acceso, es preciso evitar cualquier tipo de erosión. En este caso la construcción vial debe considerarse ante todo como una obra hidráulica y de movimiento de tierras. El trazado debe seguir las crestas y la topografía del terreno.

Cuando se atraviesen cursos de agua debe darse preferencia a los vados firmes e inundados total o parcialmente, ya que no presentan impedimento alguno a la circulación del agua y de esta forma ayudan a evitar la erosión.

2.5.4.6. Incidencia sobre el balance hídrico

La construcción de redes viales implica a veces una agresión considerable contra el balance hídrico existente. El desvío de un curso fluvial para evitar que cruce el trazado de una vía puede provocar una alteración desfavorable del régimen de drenaje si no se tienen en cuenta

las leyes hidráulicas (debido a la modificación de la rugosidad, de la pendiente o de la sección transversal del cauce).

Los efectos son numerosos: retención voluntaria o involuntaria del agua en los terraplenes del camino, drenaje de zonas húmedas y pantanosas, descenso del nivel de la napa freática, ahonde de los cursos fluviales debido a la excavación excesiva del cauce, construcción de puentes con peligro de taponamiento por el material de arrastre, utilización del terraplén para la formación de embalses de retención para la ganadería (riesgo de problemas higiénicos y epidemiológicos o de multiplicación de organismos patógenos).

La falta de datos fiables sobre el volumen, frecuencia y duración de las precipitaciones es un factor desfavorable que obliga a recurrir a los enfoques empíricos secundados por la observación de la naturaleza y la experiencia comparativa.

El peligro de contaminar las aguas superficiales y subterráneas resulta especialmente preocupante en aquellos países en los que el control del agua potable resulta difícil por el tipo de aprovisionamiento (p. ej. extracción descentralizada).

2.5.4.7. Aumento de los riesgos de seguridad por peligro de Accidentes

La posibilidad de conducir a mayor velocidad, la presencia de conductores inexpertos, el cruce de peatones y animales o la ausencia de una vía paralela para el tráfico lento (p. ej. peatones, tráfico no motorizado o paso de ganado) son factores que favorecen la multiplicación de accidentes y su gravedad, sobre todo después de la construcción de un nuevo camino. Por esta razón, la construcción de caminos debe ir siempre acompañada o precedida de una educación vial y del control técnico de los vehículos.

2.5.4.8. Influencia en la estructura de los poblamientos rurales y urbanos

La densidad de edificación en los núcleos de población existentes es demasiado alta para permitir la ampliación de una vía de tránsito.

Al margen de estas consecuencias, la mayor ocupación del suelo entraña una densidad de edificación superior en la zona en cuestión con el consiguiente impacto ambiental para la hidrología y el clima local, especialmente.

El acondicionamiento de una vía de circunvalación con el objeto de paliar estos efectos daña o destruye a menudo estructuras antiguas integradas en el entorno, al tiempo que el desvío atrae rápidamente nuevas construcciones, cuyos efectos negativos pueden evitarse mediante una planificación adecuada al medio ambiente.

2.5.4.9. Consecuencias de la falta de mantenimiento

Una correcta concepción técnica del camino y una ejecución adecuada de las obras sin restricciones de calidad reducen considerablemente los costos de mantenimiento, al menos en los primeros años.

2.5.5. Efectos secundarios

2.5.5.1. Ruidos de construcción

Dado el volumen limitado de las obras de construcción y la simplicidad de las técnicas aplicadas, este factor desempeña un papel poco importante en la construcción de caminos.

2.5.5.2. Recuperación del bitumen

La renovación de la cubierta bituminosa de la calzada debe ir acompañada de una recuperación del aglomerante contenido en las capas antiguas.

Cuando el grosor de la cubierta es limitado (sobre todo si el tratamiento bituminoso se ha reducido a la superficie), ésta se conserva habitualmente para reforzar la capacidad de soporte, y en tal caso será imposible su recuperación.

2.5.5.3. Daños por terremotos

Los caminos con obras arquitectónicas (puentes y túneles) sencillas o poco numerosas, están menos expuestos a la influencia de movimientos sísmicos que las obras de ingeniería complejas.

Las grietas y los deslizamientos de tierra también son más limitados por sus dimensiones reducidas.

2.5.5.4.Efectos positivos

La construcción de caminos puede ir acompañada de trabajos complementarios que tengan un efecto positivo sobre el entorno.

Instalación de embalses de retención para la población o abrevaderos, al elevar levemente el trazado en el franqueo de cursos fluviales

Configuración de las zonas de excavación como biotopos o estanques aprovechables

Cuando se aplica una cubierta bituminosa en las travesías de poblaciones, puede incorporarse al trazado una ampliación para vehículos estacionados, especialmente camiones, y en su caso la consolidación de la plaza del mercado

Durante la ejecución de las obras, las zonas de excavación se preparan de tal modo que se disponga de material suficiente para el mantenimiento del camino

2.5.5.5.Señalización Y Seguridad De Redes Viales - Carreteras

Seguridad vial. - La seguridad vial consiste en la prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus efectos, especialmente para la vida y la salud de las personas, cuando tuviera lugar un hecho no deseado de tránsito.

También se refiere a las tecnologías empleadas para dicho fin en cualquier vehículo de transporte terrestre (ómnibus, camión, automóvil, motocicleta y bicicleta)

Las normas reguladoras de tránsito y la responsabilidad de los usuarios de la vía pública componen el principal punto en la seguridad vial. Sin una organización por parte del estado y sin la moderación de las conductas humanas (particulares o colectivas) no es posible lograr un óptimo resultado.

Seguridad activa o primaria. - Aquella que asiste al conductor para evitar un posible accidente interviniendo de manera permanente durante la circulación, por ejemplo:

Sistema retrovisor. - Visibilidad del conductor de la circulación que sucede detrás, espejos, eliminación de puntos ciegos, y otras ayudas de control como radares, comunicación de seguridad inalámbrica del vehículo y visión nocturna.

Sistemas de suspensión.

Sistema frenado. - Entre los que se pueden encontrar distintos tipos, entre eficientes y muy eficientes: ABS (Antipoco Break Sistema: sistema antibloqueo de frenos) con EBV (reparto electrónico de frenada). ESP (control de estabilidad), con EDL (control de tracción).

Sistema de dirección.

Sistema de iluminación. - El uso de las luces es un punto fundamental dentro de la seguridad activa en la circulación ya que por intermedio de las mismas los conductores y usuarios de la vía pública se comunican entre las personas.

Seguridad secundaria.- Aquella encargada de minimizar las consecuencias negativas de un accidente después de que este haya sucedido.

Cierre automático de la inyección de combustible para impedir incendios.

Depósito de combustible y elementos auxiliares diseñados para evitar el derrame de combustible en caso de colisión (coches como el Ford Pinto se hicieron famosos por descuidar esta precaución).

Aviso automático a centro de emergencias después de un accidente (opcional en algunos vehículos estadounidenses).

Puertas diseñadas para una fácil apertura después del accidente.

Hebillas del cinturón de seguridad de fácil apertura.

Llevar herramientas de seguridad en caso de emergencia.

Seguridad de bebés y niños. - La seguridad automovilística es crítica en estos casos, sobre todo considerando que los dispositivos existentes no han sido diseñados para ellos. En muchos países (por ejemplo, en los Estados miembros de la Unión Europea) es obligatorio el uso de mecanismos de retención apropiados al peso y la altura; desde sillas especiales hasta elevadores que impidan que el cinturón de seguridad provoque asfixia si ocurre un accidente.

En todos los casos se deben utilizar siguiendo las instrucciones de los fabricantes, y debe recordarse el peligro que puede representar para un bebé o niño la bolsa de aire del asiento del acompañante.

Seguridad ante la conducción rutinaria. - Muchos conductores que siguen la misma ruta cada día lo hacen sin utilizar el área del cerebro donde tiene lugar el pensamiento consciente, según afirma el científico especialista en tráfico Michael Schrekkenberg, de la Universidad de Duisburgo-Essen (Alemania).

Como conocen el camino, los conductores se ocupan de otras cosas en vez de concentrarse en el tráfico; en consecuencia, tardan más en advertir los peligros.

Por esta razón, se les recomienda recordar continuamente la necesidad de estar alerta y no distraerse de la carretera. No solamente se debe tener en cuenta que se conocen el camino sino también el clima ya que no es lo mismo conducir en un día soleado a conducir en un fuerte aguacero o sobre una vía congelada.

2.5.6. Especificaciones técnicas de las señalizaciones en carreteras

2.5.6.1. Señalización vertical Permanente

Esta especificación presenta las Disposiciones Generales a ser observadas para los trabajos de Señalización Vertical Permanente en las Carreteras del Perú.

Se entiende como Señalización Vertical Permanente al suministro, almacenamiento, transporte e instalación de los dispositivos de control de tránsito que son colocados en la vía en forma vertical para advertir, reglamentar, orientar y proporcionar ciertos niveles de seguridad a sus usuarios.

Entre estos dispositivos se incluyen las señales de tránsito (preventivas, reglamentarias e informativas), sus elementos de soporte y los delineadores.

Se incluye también dentro de estos trabajos la remoción y reubicación de dispositivos de control permanente.

Se incluye también dentro de la Señalización Vertical Permanente los que corresponden a Señalización Ambiental destinadas a crear conciencia sobre la conservación de los recursos naturales, arqueológicos, humanos y culturales que pueden existir dentro del entorno vial.

Asimismo, la señalización ambiental deberá enfatizar las zonas en que habitualmente se produce circulación de animales silvestres o domésticos a fin de alertar a los conductores de vehículos sobre esta presencia.

La forma, color, dimensiones y tipo de materiales a utilizar en las señales, soportes y dispositivos estarán de acuerdo a las regulaciones contenidas en el Manual de Dispositivos

de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC y a las Especificaciones Técnicas de Calidad de Materiales para uso en señalización de Obras Viales.

Así mismo el diseño deberá responder a los requisitos de calidad y ensayos de acuerdo a lo establecido mediante Resolución D N°539-99-MTC/15.17.

Todos los paneles de las señales llevarán en el borde superior derecho de la cara posterior de la señal, una inscripción con las siglas "MTC" y la fecha de instalación (mes y año).

2.5.6.2. Señales preventivas

Las señales preventivas constituyen parte de la Señalización Vertical Permanente.

Se utilizarán para indicar con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía o concurrentes a ella que implican un peligro real o potencial que puede ser evitado tomando las precauciones necesarias.

Se incluye también en este tipo de señales las de carácter de conservación ambiental como la presencia de zonas de cruce de animales silvestres o domésticos.

La forma, dimensiones, colocación y ubicación a utilizar en la fabricación de las señales preventivas se hallan en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC y la relación de señales a instalar será la indicada en los planos y documentos del Expediente Técnico.

La fabricación, materiales, exigencias de calidad, pruebas, ensayos e instalación son los que se indican en la Sección 800 de estas especificaciones.

2.5.6.3. Señales regulatorias

Las señales reglamentarias constituyen parte de la Señalización Vertical Permanente. Se utilizan para indicar a los usuarios las limitaciones o restricciones que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación al Reglamento de la Circulación Vehicular.

La forma, dimensiones, colocación y ubicación a utilizar en la fabricación de las señales preventivas se hallan en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC y la relación de señales a instalar será la indicada en los planos y documentos del Expediente Técnico.

La fabricación, materiales, exigencias de calidad, pruebas, ensayos e instalación son los que se indican en la Sección 800 de estas especificaciones.

2.5.6.4. Señales informativas

Las señales informativas constituyen parte de la Señalización Vertical Permanente. Se utilizarán para guiar al conductor de un vehículo a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. Tiene también por objeto identificar puntos notables tales como: ciudades, ríos, lugares históricos, etc. y la información que ayude al usuario en el uso de la vía y en la conservación de los recursos naturales, arqueológicos humanos y culturales que se hallen dentro del entorno vial.

La forma, dimensiones, colocación y ubicación a utilizar en la fabricación de las señales informativas se hallan en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC y la relación de señales a instalar será la indicada en los planos y documentos del Expediente Técnico.

La fabricación, materiales, exigencias de calidad, pruebas, ensayos e instalación son los que se indican en la Sección 800 de estas especificaciones.

2.5.6.5. Elemento de soporte de señales

Los Elementos de soporte de señales constituyen parte de la Señalización Vertical Permanente.

Se utilizarán para sostener la señalización vertical permanente pudiendo ser de los tipos definidos en las Subsecciones 800.04 y 800.05

La forma, dimensiones, colocación y ubicación a utilizar en la fabricación de los elementos de soporte se halla en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC y la relación de los necesarios a fabricar estará en concordancia al número de señales a instalar que será la indicada en los planos y documentos del Expediente Técnico.

La fabricación, materiales, exigencias de calidad, pruebas, ensayos e instalación son los que se indican en la Sección 800 de estas especificaciones.

2.5.6.6.Delineadores

Los delineadores son elementos que tienen por finalidad remarcar o delinear segmentos de carretera que por su peligrosidad o condiciones de diseño o visibilidad requieran ser resaltados para advertir al usuario de su presencia.

Entre los delineadores se consideran:

Los postes delineadores.

Las tachas delineadoras.

La forma, dimensiones y tipo de material de los delineadores serán indicados en los planos y documentos del Proyecto.

2.5.6.7.Marcas permanentes en el pavimento

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte y aplicación de marcas permanentes sobre un pavimento terminado.

Las marcas a aplicar en el pavimento sirven para delimitar los bordes de pista, separar los carriles de circulación en autopistas y el eje de la vía en carreteras bidireccionales de una sola pista. También tiene por finalidad resaltar y delimitar las zonas con restricción de adelantamiento.

También las marcas en el pavimento pueden estar conformadas por símbolos y palabras con la finalidad de ordenar encausar y regular el tránsito vehicular y complementar y alertar al conductor de la presencia en la vía de colegios, cruces de vías férreas, intersecciones, zonas urbanas y otros elementos que pudieran constituir zonas de peligro para el usuario.

El diseño de las marcas en el pavimento, dimensiones, tipo de pintura y colores a utilizar deberán estar de acuerdo a los planos y documentos del proyecto, el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC y a las disposiciones del Supervisor.

2.5.6.8.Guardavías metálicas

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte e instalación de defensas o guardavías metálicas a lo largo de los bordes de la vía, en los tramos indicados en los planos del proyecto o establecidos por el Supervisor.

2.5.6.9. Capta faros

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte y colocación, en los guardavías metálicos de la vía, de dispositivos destinados a la orientación del tránsito automotor en horas de la noche.

Los capta faros se instalarán en los sitios y con las dimensiones que indiquen los documentos del proyecto o establezca el Supervisor.

2.5.6.10. Postes de kilometraje

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, manejo, almacenamiento, pintura e instalación de postes indicativos del kilometraje en los sitios establecidos en los planos del proyecto o indicados por el Supervisor.

El diseño del poste deberá estar de acuerdo con lo estipulado en el "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras" del MTC y demás normas complementarias.

2.5.7. Definición De Pavimentos

Un pavimento es una estructura que está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub rasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras y han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

2.5.7.1. Características de un pavimento

Un pavimento debe reunir los siguientes requisitos:

Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.

Ser resistente ante los agentes de intemperismo.

Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial.

Ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.

Presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.

Ser durable y económico.

Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.

Debe minimizar al máximo el ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior.

Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, ofreciendo una adecuada seguridad al tránsito.

2.5.7.2. Clasificación De Pavimentos

Clasificación por transferencia de carga

En nuestro medio, los pavimentos se clasifican en: Pavimentos flexibles, Pavimentos Semi rígidos o Semi flexibles, Pavimentos Rígidos, Pavimentos Articulado y Afirmando.

a) Pavimentos Flexibles. - Este tipo de pavimentos están formados por una capa de rodadura asfáltica apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base, no obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada proyecto.

b) Pavimentos Semi rígidos. - Este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción.

c) Pavimentos Rígidos.- Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto, apoyada sobre la sub rasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la sub rasante.

La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia del concreto, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. Los pavimentos rígidos se pueden clasificar en:

Simple o Monolítico.

Simple con pasadores o barras de transferencia (dowels).

Con refuerzo discontinuo distribuido sin función estructural.

Con refuerzo continuo sin función estructural.

Con refuerzo estructural.

Pre esforzado.

d) Pavimentos articulados.- Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la sub rasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento.

e) Afirmado. - Capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

Clasificación por su proceso constructivo

Reciclado de Pavimentos Asfálticos

En todos los siguientes casos de reciclado, la estructura resultante del trabajo de reciclaje, podrá emplearse como capa de rodadura o base.

a) Reciclado Superficial. - Consiste en el retratamiento de la superficie del pavimento en bajos espesores, generalmente no superiores a los 2.5 centímetros, en casos en que los

deterioros del pavimento no sean atribuibles a deficiencias estructurales. Se incluye todo procedimiento en que la superficie es fresada, cepillada o escarificada, triturada y adicionada o no de un agente de reciclaje, con o sin la incorporación de pequeños porcentajes de materiales vírgenes, reacondicionada y recompactada.

El proceso puede adelantarse en caliente o en frío y en este último caso el agente de reciclaje, si se requiere, se aplica en forma de emulsión.

b) Reciclado en el lugar (in situ). - Conocido también como reciclaje en frío, consiste en rehabilitar el pavimento hasta una profundidad mayor de 2.5 cm, involucrando o no el material de base. Para ello, el espesor es escarificado y el material trozado resultante es triturado hasta un tamaño adecuado y luego, mezclado con un agente de reciclaje y eventualmente con cierto porcentaje de agregado nuevo. Como su nombre lo indica, el proceso se realiza generalmente en frío y los aditivos más utilizados son emulsiones asfálticas, cemento portland, cal y mezclas cal y cenizas volantes.

c) Reciclado en Planta.- Denominado también como reciclaje en caliente, consiste en escarificar el espesor deseado del pavimento existente y transportar el material trozado a una planta en la que es triturado y clasificado por su granulometría. El material también puede obtenerse del pavimento por medio de un fresado en frío. Posteriormente se agregan los materiales nuevos que comúnmente se incluyen un agente de reciclaje y agregado pétreo virgen, así como asfalto nuevo. La nueva mezcla en caliente se lleva al sitio de origen o al que se haya elegido para su colocación, donde se distribuye y compacta mediante métodos y equipos convencionales.

Importancia del estudio de suelos para pavimentos

Clasificación de Suelos

Teniendo en cuenta que en la naturaleza existe una gran variedad de suelos, la ingeniería de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene, prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentado.

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos, en estudios para diseño de pavimentos de carreteras y aeropistas son el de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Investigación y Evaluación De Suelos

Para la obtención de la información geotécnica básica de los diversos tipos de suelos deben efectuarse investigaciones de campo y laboratorio, que determinen su distribución y propiedades físicas. Una investigación de suelos debe comprender:

a) Selección de las unidades típicas de diseño. - Consiste en la delimitación de las unidades homogéneas de diseño con base en las características: geológicas, climáticas, topográficas y de drenaje de la zona en proyecto.

b) Determinación del perfil de suelos. - La primera labor por llevar a cabo en la investigación de suelos consiste en la ejecución sistemática de perforaciones en el terreno, con el objeto de determinar la cantidad y extensión de los diferentes tipos de suelos, la forma como éstos están dispuestos en capas y la detección de la posición del nivel freático. Teniendo en cuenta que es imposible realizar un estudio que permita conocer el perfil de suelos en cada punto del proyecto, es necesario acudir a la experiencia para determinar el espaciamiento entre las perforaciones con base en la uniformidad que presenten los suelos.

Tabla 14

Criterios para la ejecución de Perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos

Criterios para la ejecución de perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos.		
Tipo de zona	Espaciamiento(m)	Profundidad(m)
Carreteras	250 - 500	1.50
Pistas de aterrizaje.	A lo largo de la línea central, 60-70m	Cortes: -3m debajo de la rasante Rellenos: -3m debajo de la superficie existente del suelo.
Otras áreas pavimentadas.	1 perforación cada 1.000 m ²	Cortes: 3m debajo de la rasante Rellenos: 3m debajo de la superficie existente del suelo.
Préstamos	Pruebas suficientes para definir claramente el material.	Hasta la profundidad que se propone usar como préstamo.

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras, 2da edición. Alfonso Fonseca. Año 2002.

Debe registrarse, además, la posición del nivel freático en caso de detectarse, por cuanto este dato es importante para el diseño de los dispositivos de sub drenaje que sean necesarios en la obra vial.

c) Muestreo de las diferentes capas de suelos. - En cada perforación ejecutada deberán tomarse muestras representativas de las diferentes capas de suelos encontradas. Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o inalteradas. Una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones en que se encontraba en el terreno de donde procede e inalterada en el caso contrario.

d) Ensayos de laboratorio. - Se realizan ensayos de laboratorio a las muestras obtenidas para determinar sus propiedades físicas en relación con la estabilidad y capacidad de soporte de la sub rasante. A continuación se indican las pruebas más aplicables en la pavimentación de carreteras:

Determinación del contenido de humedad.

Análisis granulométrico.

Determinación del Límite plástico y líquido de los suelos.

Peso Específico.

Ensayo de Densidad (máxima densidad y óptimo contenido de humedad).

Ensayo CBR (Resistencia de los suelos).

2.5.7.3. Pavimento Rígido

Un pavimento rígido está conformado de concreto simple o armado, denominado losa, y apoyado directamente sobre una base o sub base. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la sub rasante. Todo lo contrario sucede en los pavimentos flexibles, que al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencias mayores tensiones en la sub rasante, como se puede apreciar en la Figura 04.



Figura 6: Transmisión de carga en un Pavimento Rígido (Fuente: Blog Ingeniería y Construcción, 2006. Pavimentos)

La sub rasante. - Es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la sub rasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, es más importante que la sub rasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.

Sub base.- La capa sub base es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la sub rasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la sub base es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La sub base es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado. Otras funciones de la sub base son:

Proporcionar estabilidad y soporte uniforme.

Incrementar el módulo de reacción de la sub rasante.

Minimizar los efectos dañinos de las heladas.

Proveer drenaje cuando sea necesario.

Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

Losa. - La losa es de concreto. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario para proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo o deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

2.5.7.4. Tipos de Pavimentos Rígidos

Pavimento Rígido Simple

Pavimento Rígido Simple sin Pasadores. - Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas. Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m de largo y 3.5 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso, por ejemplo, para calles residenciales, éstos varían entre 10 y 15 cm, en las denominadas colectoras entre 15 y 17 cm. En carreteras se obtienen espesores de 16 cm. En aeropistas y autopistas 20 cm o más. Este tipo de pavimento es aplicable en caso

de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan directamente sobre la subrasante. Ver Figura 05.

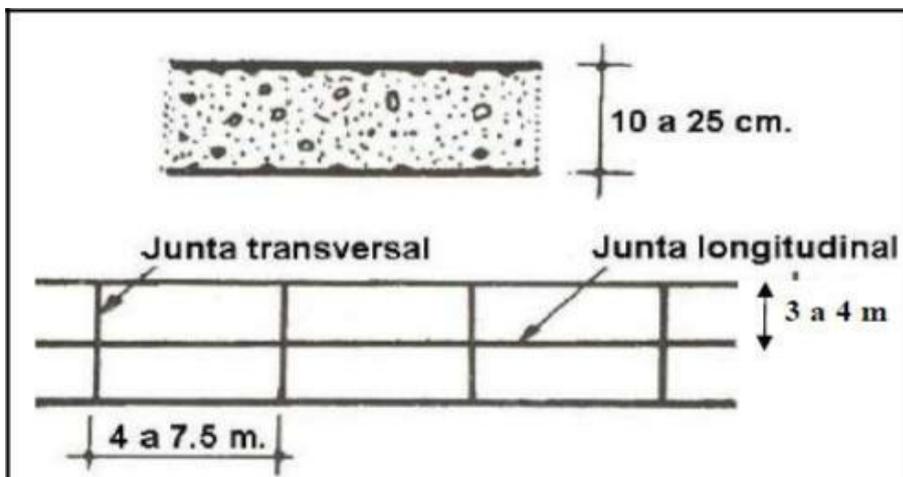


Figura 7: Pavimento Rígido simple sin pasadores (Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.)

Pavimento Rígido Simple Con Pasadores. - Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales o escalonamientos. Según la Asociación de Cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés), este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más. Ver Figura 06.

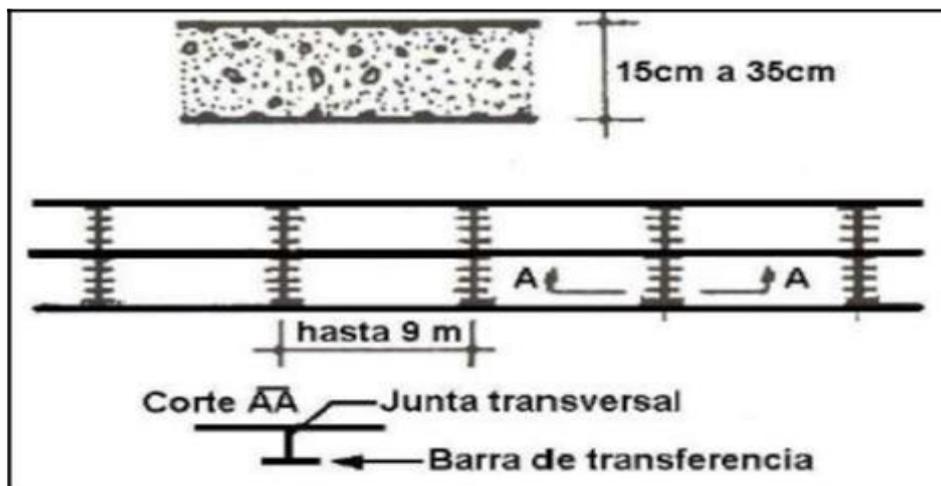


Figura 8: Pavimento Rígido Simple Con Pasadores (Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos).

Pavimentos de concreto reforzado con juntas. - Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte con una unidad estructural. Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural. La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas. Las juntas son importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas.

En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento. De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, machihembradas y acanaladas. Ver Figura 07.

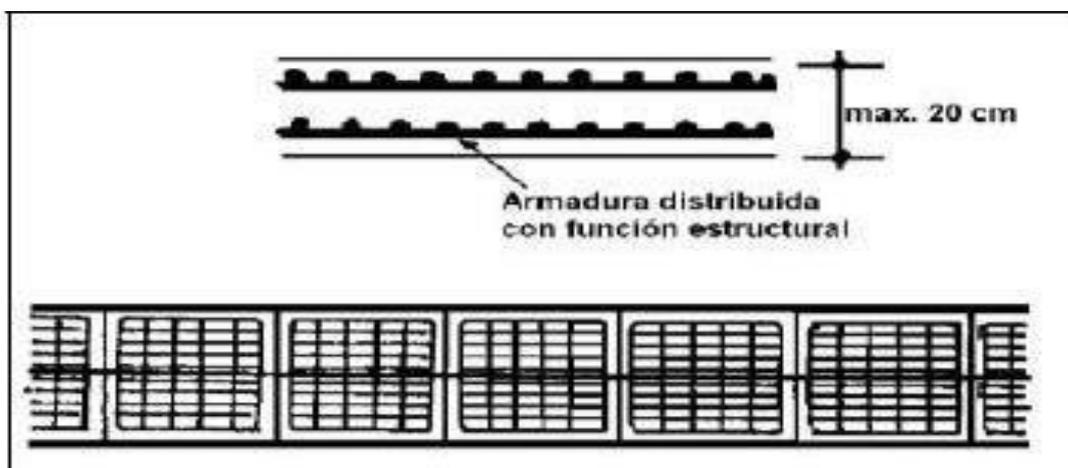


Figura 9: Pavimento de concreto reforzado con juntas (Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.)

Pavimentos de concreto con refuerzo continuo. - A diferencia de los pavimentos rígidos reforzados con juntas, éstos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimentos. Ver Figura 08.

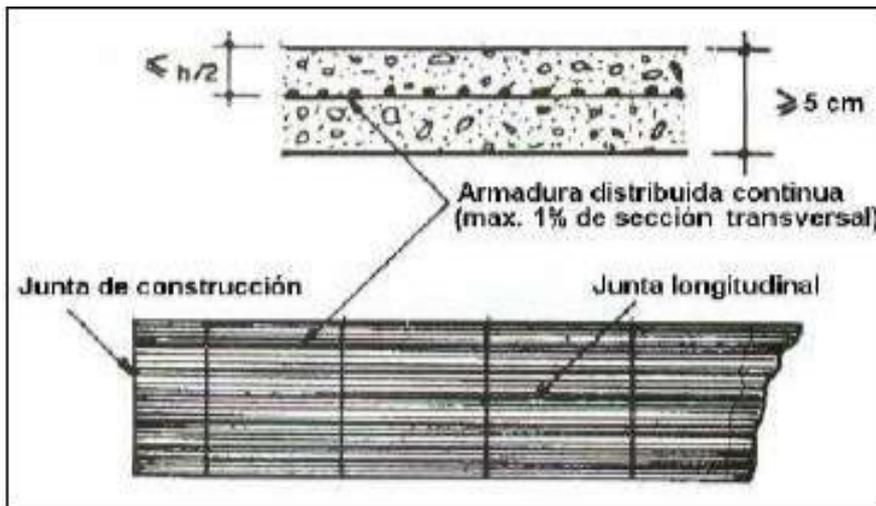


Figura 10: Pavimentos de concreto con refuerzo Continuo (Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos).

2.5.8. Componentes de la infraestructura del camino o vía.

2.5.8.1. Explanación

Se denomina explanación, al movimiento de tierras, conformado por cortes y rellenos (terraplén), para obtener la plataforma de la carretera hasta el nivel de la subrasante del camino.

Terraplén. - El terraplén es la parte de la explanación situada sobre el terreno preparado. También se conoce como relleno. La base y cuerpo del terraplén o relleno será conformado en capas de hasta 0.30m y compactadas al 90% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

La corona es la parte superior del terraplén tendrá un espesor mínimo de 0.30m y será conformada en capas de 0.15m, compactadas al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

Corte. - El corte es la parte de la explanación constituida por la excavación del terreno natural hasta alcanzar el nivel de la Subrasante del Camino.

Los fondos de las zonas excavadas se prepararán mediante escarificación en una profundidad de 0.15m, conformando y nivelando de acuerdo con las pendientes transversales especificadas en el diseño geométrico vial; y se compactará al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

En zonas de corte en roca, se deberá excavar como mínimo 0.15m por debajo del nivel superior de la subrasante, la superficie final del corte en roca deberá quedar allanada, limpia y encontrarse libre de cavidades, de puntas de roca, de excesos y libre de todo material deletéreo. Las zonas profundizadas deberán ser rellenadas, hasta el nivel superior de subrasante, con material de relleno seleccionado o de subbase granular, que tenga un CBR $\geq 40\%$.

2.5.8.2.Subrasante del Camino

La Subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado. La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanado y la estructura del pavimento.

La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito.

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 de la estructura del pavimento que se colocará encima. En la etapa constructiva, los últimos 0.30m de suelo debajo del nivel superior de la subrasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo proctor modificado (MTC EM 115).

Los suelos por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables con CBR $\geq 6\%$.

En caso el suelo, debajo del nivel superior de la subrasante, tenga un CBR < 6% (subrasante pobre o subrasante inadecuada), corresponde estabilizar los suelos, para lo cual el Ingeniero Responsable analizará según la naturaleza del suelo alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica.

2.5.9. Estudio de Pavimentos

MÉTODO DEL NAASRA: Según **OZROADS**, señala que NAASRA hoy Austroads “es el órgano principal en Australia para el transporte por carretera. Austroads produce los estándares de Australia para la construcción de carreteras y el diseño, así como directrices para la planificación urbana.

Una conferencia de la Commonwealth y Ministros de Estado de Transportes, en Melbourne en 1933 decidió que debía haber una conferencia anual de la autoridad estatal de carreteras ejecutivos. Como resultado, el Comisionado de NSW para Carreteras principales instigó la Primera Conferencia Anual de Autoridades carretera estatal (COSRA) y escribió en su invitación que "sería una buena cosa para que nos reunamos los hombres carretera interesados en el desarrollo de nuestros estados y de transporte instalaciones, y hay muchos problemas que se cree podría tratarse mejor en forma conjunta.

La primera reunión COSRA tuvo lugar en Melbourne durante 3 días en febrero de 1934. El programa se ocupa de asuntos como la organización de la conferencia, las finanzas carreteras y la legislación, la coordinación de la investigación y la difusión de información, junto con una serie de cuestiones técnicas. El principal beneficio de COSRA es que se dio a las autoridades de carreteras del Estado la oportunidad de descubrir lo que otros estados estaban haciendo. En lugar de cada estado tratando de resolver los mismos problemas, podrían hacer una contribución independiente pero coordinada a la solución.

Hubo dos reuniones cada año, uno de los cuales los responsables de las autoridades de tráfico del estado asistieron y el otro que era una reunión de sus oficiales técnicos. Las reuniones técnicas abordan cuestiones de ingeniería y prácticas de política en detalle, ayudando a crear innovaciones que luego se convirtieron en algo común, como un método estándar para el uso de hitos o cuestiones más complejas como la carga de diseño de puentes.

En 1939, la conferencia fue pospuesta indefinidamente debido a la Segunda Guerra Mundial y no se reanudó hasta 1945.

Según el MTC después de la guerra, COSRA se reanudó y una de las cuestiones clave abordadas por la Conferencia fue la de señalamiento de la ruta. COSRA trabajó para elaborar un plan maestro para un esquema de la ruta nacional marcado en 1954, diseñado para producir un sistema de navegación que fue consistente a través de todo el país, independientemente de las fronteras estatales. La primera ruta que se firmó como un ensayo fue la Ruta Nacional 31 (Hume Highway) en 1954 y el plan fue ampliamente exitosa. Para mantener el sistema nacional, COSRA fue inculcado como la autoridad de coordinación - todas las propuestas de cambios en el sistema de la Ruta Nacional tenían que ser aprobados por COSRA. La Secretaría de COSRA lleva un registro de las rutas nacionales aprobadas, sin embargo, este registro parece haber sido destruidos o perdidos como parece que no puede recuperarlo.

El nombre de la conferencia fue cambiado a la Asociación Nacional de Autoridades Australia State Road '(NAASRA) en octubre de 1959 para reflejar su crecimiento en una organización, no sólo a una conferencia. En 1960 NAASRA creó la Junta de Investigación del Camino australiano (ARRB) para coordinar mejor y fomentar la investigación en todos los aspectos de la carretera de decisiones, la planificación y la gestión.

NAASRA continuó en COSRA dejó en la coordinación de los sistemas de señalización de ruta a través de Australia. Se establecieron directrices para garantizar la uniformidad en la señalización del sistema nacional de ruta y directrices desarrolladas para el establecimiento de un sistema de marcado de la ruta estatal”.

Tomando en consideración los criterios precedentes, los resultados de los ensayos de laboratorio, las observaciones de campo la experiencia acumulada en estudios anteriores para el análisis del CBR de la subrasante se tomará un CBR Promedio de 3.33 % diseño.

2.5.9.1.Diseño Estructural

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 15

Estudio de IMDA

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° Repeticione s 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 Transito

2.5.10. Tipos de Tránsito

Según el autor del Libro Carretera, Calles y Aeropistas del Ing. Raúl Valles Rodas:

Los diferentes tipos de tránsito que se considera para el método de espesores de afirmado son los siguientes:

Tránsito Ligero (Liviano): Es aquel que tiene un tránsito comercial menor de 50 camiones y autobuses diarios.

Tránsito Mediano: Aquel cuyo tránsito comercial está comprendido entre 50 y 300 camiones y autobuses diarios.

Tránsito Pesado: Aquel que tiene un tránsito comercial mayor de 300 camiones y autobuses diarios.

En todo los casos que se vienen de describir, se supone que un máximo del 15% de vehículos, tiene una carga por rueda de 9,000 las. (5.364 Kilogramos).

Tabla 16

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
Nº 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

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 AUSTRROADS).

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:

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

Dónde:

- 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.

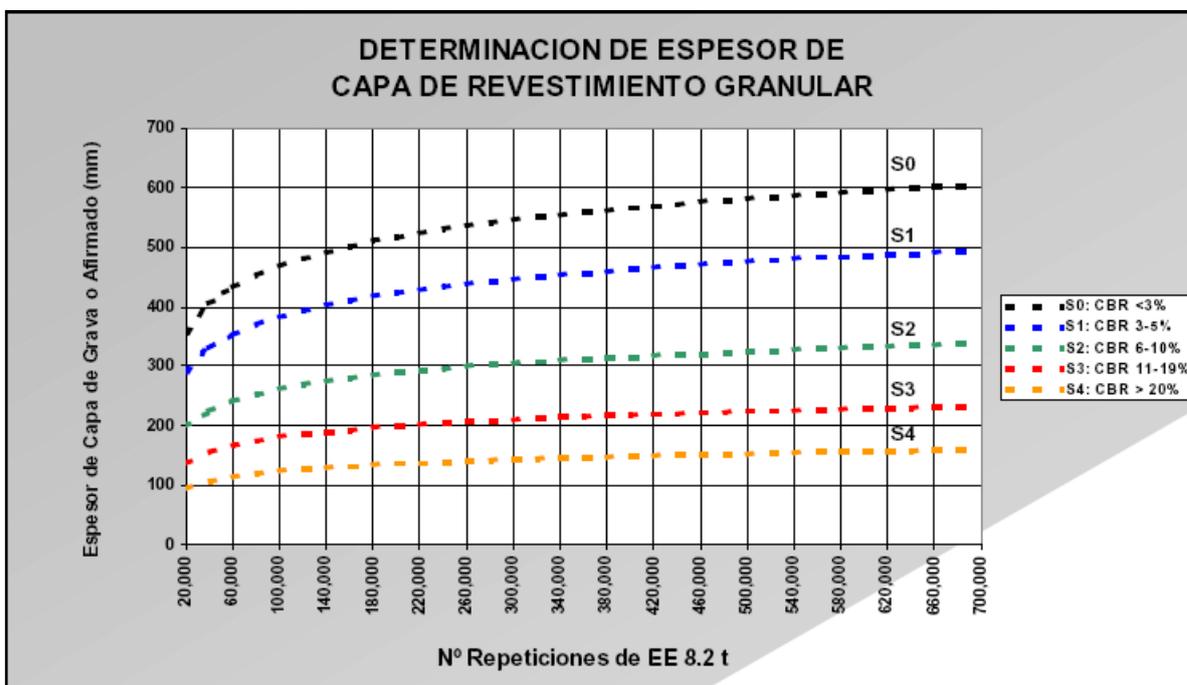


Figura 11: Determinación de espesor de la capa de revestimiento. (Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA)

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. 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 (100mm) para completar el espesor obtenido según la metodología de diseño adoptada. Es la cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips (8,16 t = 80 kN) para un periodo determinado, utilizamos esta carga equivalente por efectos de cálculo ya que el tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes.

Los ejes equivalentes se los denominará ESAL's (equivalent simple axial load – sencilla carga axial equivalente)''.

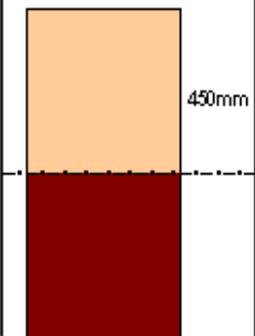
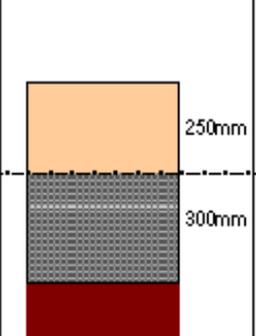
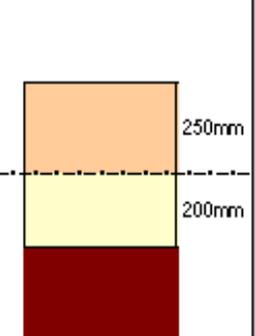
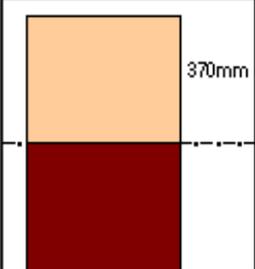
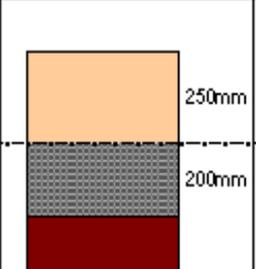
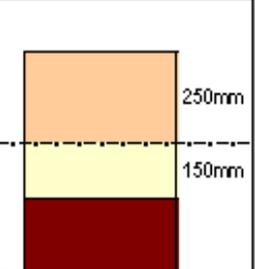
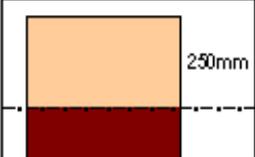
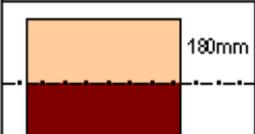
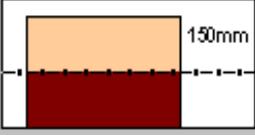
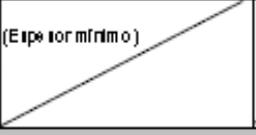
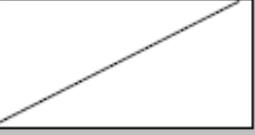
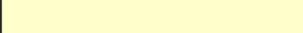
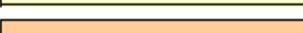
TIPO DE SUBRASANTE	CLASE TRAFICO: T1 IM Da: 16 - 50 vehículos Vehículo Pesado (Buzo+Camión) camil de diseño: 8 - 16 vehículo pesado Número de Repetición de EE 2.2h (camil de diseño): 3.2E+04 - 7.8E+06		
	A: subrasante sin mejoramiento, perfilado y compactado	B: con mejoramiento de subrasante con reemplazo por material granular de CBR > 6%	C: con mejoramiento de subrasante con adición de cal, cemento o químicos
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 CBR >= 20%			
----- Nivel superior de la subrasante perfilado y compactado al 95% de la MDS			
 Subrasante			
 B: Con Mejoramiento de Subrasante con reemplazo por material granular de CBR > 6%			
 C: Con Mejoramiento de Subrasante con adición de Cal, Cemento o químicos, para obtener un CBR > 6%			
 Capa de Afirmado Tipo 1			
Nota: En caso se requiriese proteger la superficie de los caminos, podrá colocarse una capa protectora, que podría ser una Imprimación Reforzada Bituminosa; o una Estabilización con Cloruros de sodio (Sal), de magnesio; u otros estabilizadores químicos.			

Figura 12: Catálogo de estructuras de pavimento. (Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.)

2.6. Marco Conceptual: Terminología Básica

Diseño Geométrico Estudio 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.

Camino Vecinal Es el elemento básico del sistema vecinal que constituye la red alimentadora de los sistemas departamental y/o nacional y esencialmente son aquellos que unen pequeños poblados o aldeas entre sí o las vinculan a carreteras más importantes por el cual el tráfico de diseño está clasificado como bajo- volumen y en consecuencia sus características.

Peralte es la sobreelevación que se da al borde exterior de la superficie de rodadura con relación al borde interior en los tramos en curva, para contrarrestar la fuerza centrífuga.

Berma Franjas situadas a ambos lados de una superficie de rodadura de tipo superior que contribuyen a resistir lateralmente las cargas que recibe aquella y que eventualmente pueden ser utilizados por los vehículos en emergencia para estacionarse temporalmente o para dar paso a otros vehículos.

Sobreancho Es el ancho adicional que se debe dar a la superficie de rodadura en los tramos de curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

Carril Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

Calzada Es la superficie terminada de camino cuyo ancho total incluye la superficie de rodadura, el sobre ancho y las bermas.

Rasante Línea que une las cotas de una carretera terminada.

Curva de transición Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular.

Curva Vertical Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.

Derecho de Vía Faja de ancho variable dentro de la cual comprendida la carretera y todas sus obras accesorias.

Índice Medio Diario (IMD) Numero promedio de vehículos medido en un periodo de 24 horas, del total de vehículos que pasan por una sección determinada de vía.

Velocidad Directriz Es la escogida para el diseño en un determinado de la carretera, de acuerdo a las características topográficas del terreno sobre el cual se desarrolla esta y en concordancia con la necesidad de evitar un excesivo movimiento de tierras, preservándose las condiciones de seguridad.

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.

Transito Todo tipo de Vehículos y sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquiera camino para transporte o para viaje.

Talud Inclinación o declive del terreno que se ubica a ambos lados del camino rural.

Visibilidad de Parada Distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que impacte un objeto inmóvil que se encuentra en su trayectoria desde el instante en que tal objeto es divisado por el conductor.

Visibilidad de Paso Distancia de visibilidad de paso, es la mínima longitud de camino que debe ser capaz de ver libremente el conductor de un vehículo, a fin de poder sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, sin poner en peligro la seguridad de un tercer vehículo que se aproxima en sentido opuesto y/o la de aquel que pretende adelantar.

Bombeo Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente.

Bm Es un punto topográfico de elevación fija que sirve de control para la construcción de carreteras de acuerdo a los niveles de proyecto. Generalmente está constituido por un hito o monumento.

Camino Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados, peatonales y animales, con excepción de vías férreas.

Carretera Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Carretera no Pavimentada Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

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.

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.

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.

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.

Elemento Alineación, en planta o perfil, que se define por características geométricas constantes a lo largo de toda ella.

Se consideran los siguientes elementos:

En planta: Tangente (acimut constante), curva circular (radio constante), curva de transición (parámetro constante)

En perfil: Tangente (pendiente constante), curva parabólica (parámetro constante)

Escorrentía Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno.

Explanada Zona de terreno realmente ocupada por la carretera, en la que se ha modificado el terreno original.

Hidrología Ciencia que trata de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de las aguas en general.

Guardavías Sistema de contención de vehículos empleado en los márgenes y separadores de las carreteras.

Índice Medio Diario Anual (IMDA). El volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas promedio del año.

Línea de Gradiente Es una línea quebrada que tiene una determinada pendiente y sirve para ubicar la posible poligonal que servirá de base para el estudio definitivo.

Pavimento Es la estructura construida sobre la subrasante, para los siguientes fines. Resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y Mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.

Pendiente Inclinación de una rasante en el sentido de avance.

Peralte Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.

Plataforma Ancho total de la carretera a nivel de subrasante.

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.

Terraplén. Parte de la explanación situada sobre el terreno original.

Señalización Vial Conjunto de elementos ubicados a lo largo de la carretera con el fin de brindar información gráfica para la orientación de seguridad de los usuarios.

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

Tramo Con carácter genérico, cualquier porción de una carretera, comprendida entre dos secciones transversales cualesquiera. Con carácter específico, cada una de las partes en que se divide un itinerario, a efectos de redacción de proyectos.

Vía . Carretera, vía urbana o camino rural abierto a la circulación públicas de vehículos y o peatonales.

2.7. Marco histórico

Desde comienzos del siglo XX y con grandes esfuerzos, se vienen construyendo carreteras y ferrocarriles, con el fin de eliminar el aislamiento entre nuestros pueblos y surjan al desarrollo económico y cultural actual, enfrentándose a la variada geografía del Perú la cual es la primera condición difícil que se presenta para el desarrollo del transporte.

En el gobierno de Augusto Bernardino Leguía, la base de la modernización de los sectores sociales tenía que pasar por una política vial agresiva. Teniendo esto en cuenta, una de las principales obras durante este gobierno fue la **ley de Conscripción Vial** la misma que fue aprobada el 6 de abril de 1920 entre los diputados, sin embargo no toda la opinión pública estuvo de acuerdo con esta y el 11 de mayo el gobierno aprobó la Ley de Conscripción Vial

o del Servicio Obligatorio de Caminos y el 3 de setiembre se dio un reglamento provisorio para su funcionamiento, tanto en sus niveles de administración de los recursos materiales como humanos. En un principio, todo hombre entre 18 y 60 años tenían que trabajar gratuitamente por 6 a 12 días al año, en la construcción y apertura de carreteras y aquellos que no querían trabajar debían de abonar al Estado un impuesto y con ello se construyó un total de 17682 km.

La mayor parte de las vías peruanas son caminos afirmados construidos en base a tierra y ripio. Existen 3 tipos de caminos afirmados en el Perú: los que pertenecen a la red nacional, los caminos secundarios y vecinales y las trochas carrozables.

La vía nacional Paita – Tarapoto – Yurimaguas es una importante vía que une a San Martín con los departamentos de Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas y Loreto. Hasta el 2016 el MTC ha pavimentado el 86,2% de la red vial nacional, que a julio del 2011 estaba pavimentada al 54,2%.

2.8. Hipótesis

La Elaboración del **Diseño Geométrico del Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (l= 8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto**, permitirá mejorar las condiciones socio - económicas de las poblaciones aledañas al proyecto.

CAPÍTULO III

MATERIAL Y METODOS

3.1. Materiales

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

3.1.1. Recursos Humanos

Tesista

Asesor

Técnico de laboratorio de mecánica de suelos

Digitador

Ayudantes

3.1.2. Recursos Materiales y servicios

Ensayos de laboratorio

Material bibliográfico

Material de escritorio

Movilidad y viáticos

3.1.3. Recursos de Equipos

01 Computadora

01 Calculadora científica

01 Estación Total Topcon GPT 3105W

02 Miras

01 Nivel de Ingeniero Marca Wild

01 Brújula

3.2. Metodología de la investigación

3.2.1. 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.

Variable dependiente.

Diseño Geométrico a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (l= 8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto.

3.2.2. Tipos y Nivel de la Investigación

Tipo: La investigación a realizar es de tipo Investigación Aplicativa

Nivel: Básico

.

3.2.3. Cobertura de la Investigación.

3.2.3.1 Universo y/o muestra.

Universo.

Caminos Vecinales de la Región San Martín.

Muestra.

Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (l= 8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto

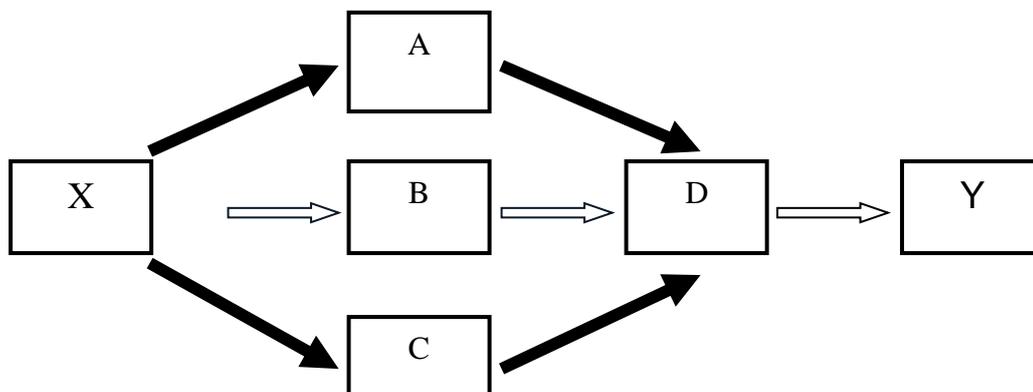
3.2.4. Ámbito Geográfico

Localidades de Libertad de Cuiparillo – Gloria , distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto.

3.2.5. Diseño del Método de Investigación

La presente investigación se realizará en Gabinete y en el campo.

El diseño de investigación es el siguiente:



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

A: Estudios socio – económico para conocer la realidad y necesidad.

B: Estudios de Ingeniería para levantar información requerida.

C: Estudios de impacto ambiental para ver los efectos positivos o negativos.

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.

3.2.6. 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.

3.2.7. 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.

3.2.8. 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.

3.2.9. Diseño geométrico

El **Diseño geométrico de carreteras** es la técnica de ingeniería civil que consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno. Los condicionantes para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales y urbanísticos. El primer paso para el trazado de una carretera es un estudio de viabilidad que determine el corredor donde podría situarse el trazado de la vía. Generalmente se estudian varios corredores y se estima cuál puede ser el coste ambiental, económico o social de la construcción de la carretera. Una vez elegido un corredor se determina el trazado exacto, minimizando el coste y estimando en el proyecto de construcción el coste total, especialmente el que supondrá el volumen de tierra desplazado y el firme necesario.

Las carreteras se clasifican en función del número de calzadas, la dimensión del carril de la calzada o la dimensión del arcén. Cuanto mayor sean las dimensiones de la vía, más tráfico podrá soportar y más exigentes serán los parámetros de trazado, es decir, será necesario realizar radios mayores de curva, acuerdos verticales más extendidos o peraltes más inclinados. Al aumentar estos parámetros la carretera se ajustará menos al terreno, lo que encarece la carretera.

El dato más importante para el diseño es la **velocidad de proyecto**, que es a la máxima velocidad para circular con comodidad y seguridad.

3.2.10. Introducción a la geometría de la vía

La geometría de una carretera queda determinada en las 3 direcciones del espacio y queda fijada mediante 3 planos:

La **planta** donde se fijan las alineaciones horizontales

El **perfil longitudinal** donde se fijan las alineaciones verticales

El **perfil transversal** donde se fijan los peraltes, el bombeo y la inclinación transversal de la rasante.

Distancia de parada

Un conductor debe de ser capaz de ver una distancia por delante suficiente como para poder frenar en caso de encontrar un obstáculo.

Las alineaciones horizontales o alineaciones en planta (visto desde el punto de vista superior) son de tres tipos:

La alineación **recta**: Es una línea recta. Es la alineación más deseada, con buena visibilidad e ideal para carreteras que requieren amplios tramos de adelantamiento. A pesar de esto se ha demostrado que los conductores tienden a perder la concentración en tramos muy largos por lo que tienen que ser combinadas con otros tipos de alineaciones. La normativa española⁴ impone una limitación máxima para la longitud de las rectas que equivale a la longitud que recorre un vehículo a la velocidad máxima de la carretera durante 60 segundos, y una longitud mínima de recta de 10 segundos.

La alineación **curva** o **circular**: Las curvas de una carretera son circulares o sectores de circunferencia. Cuanto mayor sea el radio mayor será la velocidad que puedan alcanzar los vehículos al paso por curva.

La alineación de **transición**: la clotoide es la curva que va variando de radio según avanzamos de longitud. Las clotoides se intercalan entre las alineaciones rectas y las alineaciones curvas para permitir una transición gradual de curvatura. Todos los vehículos desarrollan una clotoide cuando van girando su eje director disminuyendo o aumentando la curvatura que describen. Las clotoides también permiten cambiar el peralte en su recorrido lo que posibilita que los vehículos no tengan que frenar antes de entrar en una curva.

3.2.11. Estudio de tráfico

El presente estudio de tráfico hace parte de los estudios que el Proyectista realizó para el proyecto “Diseño Geométrico a Nivel de Afimado del Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (l= 8+600 km), distrito de Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto.”, su principal objetivo es el de determinar la demanda vehicular esperada para todas las vías a intervenir, teniendo como base el tránsito que circula por el tramo de estudio, es decir un tránsito generado.

El estudio de tráfico vehicular nos permite determinar el flujo de carga y pasajeros entre el lugar de origen y destino, conocer el volumen de vehículos que circulan en un tramo; a su vez nos permite proyectar el volumen de tráfico de la red, desarrollar y calibrar modelos de simulación de demanda de transportes, nos proporciona información básica para el planeamiento del sistema de transporte.

Debe destacarse el hecho de que la determinación del tráfico es de vital importancia para poder adelantar otras actividades como la de realizar el diseño adecuado de la estructura del afirmado, así como también del pavimento y la evaluación del proyecto, pues gran parte de los beneficios derivados del mismo son debidos a los ahorros en costos de operaciones.

El presente estudio de tráfico tiene por objetivo directo determinar el Índice Medio Diario Anual (IMDa) que circulara por la vía en estudio materia del presente proyecto, el mismo que posteriormente permitirá el cálculo del número de Ejes de Carga Equivalentes (EAL) para el dimensionamiento del tipo del pavimento que se determine.

Los trabajos de campo para el estudio de tráfico de la “Diseño Geométrico a Nivel de Afimado del Camino Vecinal Libertad de Cuiparillo – Gloria (l= 8+600 km), distrito de

Teniente Cesar López Rojas, Alto Amazonas, Loreto.” se efectuaron con la instalación de una estación y se ubicó en el KM. 00+000, para lo cual se aplicó el método del conteo vehicular manual, encuestas de origen y destino de pasajeros y vehículos, a fin de obtener las principales características del tráfico vehicular.

Generalidades

El estudio de tráfico vehicular es muy importante porque nos permite cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera, así como estimar el origen - destino de los vehículos, elementos indispensables para la evaluación económica de la carretera y la determinación de las características de diseño de la carretera.

El Índice Medio Diario IMD; es definido en base al conteo de vehículos que usualmente recorren la vía a través de encuestas, cuando el IMD es menor a 200 veh/día, el diseño de la vía se efectuará de acuerdo al Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

El volumen del tráfico se determina a partir del conteo de vehículos que circulan por el camino, en una estación de control de tráfico determinada, indicando el día, hora, fecha y tipo de vehículos.

El desarrollo de este estudio contempla los siguientes alcances

Evaluación del tránsito existente

Metodología de trabajo de campo

Determinación del índice medio diario (IMD)

3.2.12. Criterios a considerar para un estudio de tráfico vehicular

Métodos de control

El Conteo Vehicular Pueden realizarse por medios automáticos o manualmente.

Medios Manuales

Suministran una información más completa durante períodos de tiempos cortos, sin embargo, requiere contar con suficiente personal adecuadamente preparado. Es un método costoso.

Para realizar conteo manual un clasificador (observador) anota el paso de cada vehículo por hora llenando un formato especial o actuando sobre unos contadores manuales.

Si las intensidades horarias son elevadas, son necesarios varios clasificadores; en caso de encuestas se detienen los vehículos en ambos sentidos; se procede a realizar una encuesta.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Estudio de Tráfico

El estudio de tráfico vehicular nos permitirá cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera en la actualidad, así como estimar el origen – destino de los mismos, elemento indispensable para la evaluación económica de la carretera y la determinación de las características de diseño geométricas y pavimento de la carretera.

El tráfico se define como el desplazamiento de bienes y/o personas en los medios de transporte; mientras que el tránsito viene a ser el flujo de vehículos que circulan por la carretera, pero usualmente se denomina tráfico vehicular.

Se realizará la determinación del Índice Medio Diario (IMD), el cual será definido en base al conteo de vehículos que usualmente atraviesan la vía. Esto nos permitirá realizar el diseño de la carretera y definir su geometría, de acuerdo a la siguiente clasificación:

Superior ($IMD > 4000$ veh/día)

Primera clase (4000 veh/día $> IMD > 2001$ veh/día)

Segunda clase (2000 veh/día $> IMD > 400$ veh/día)

Tercera clase ($IMD < 400$ veh/día).

Para efectuar las proyecciones del tráfico se tomará en cuenta diversos indicadores, tales como: las tasas de crecimiento del tráfico, las variables macroeconómicas como el PBI, la población y el PBI per cápita del departamento que contribuye en la generación y recepción del flujo de vehículos por la carretera en estudio. Los resultados obtenidos por tipo de vehículo serán multiplicados por las elasticidades correspondientes.

Los resultados finales de la proyección del tráfico serán utilizados para el horizonte del planeamiento establecido en los términos de referencia.

Tráfico Generado

El tráfico proyectado en un horizonte temporal de 10 años, se obtiene al proyectar el tráfico normal con la tasa de crecimiento poblacional para vehículos de pasajeros igual a 1.90% (Ver Anexo 01) y con la tasa de PBI agropecuario para vehículos de carga 3.80% (Ver Anexo 02). El tráfico generado es el 15% del IMD por ser un proyecto de mejoramiento.

Tabla 17

Tráfico Generado por Tipo de Proyecto

Tipo de Intervención	% de Tráfico Normal
Mejoramiento	15

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC

Tabla 18

Trafico por año

AÑO	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Tráfico Normal	12	12	12	12	12	13	13	13	14	14	15
Automóvil	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Camioneta	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8
C.R.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráfico Generado	0	1	2								
Automóvil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Camioneta	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C.R.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMD TOTAL	12	13	13	13	13	14	14	14	15	15	17

Fuente: Proyección de tráfico – con proyecto

4.1.2. Estudio de diseño geométrico

La localización de una ruta entre dos puntos, uno inicial y otro terminal, establecidos como condición previa, implica encontrar una franja de terreno cuyas características topográficas y factibilidad de uso, permita asentar en ella una carretera de condiciones operativas previamente determinadas.

La localización empieza, con la determinación de un trazado tentativo mediante la señalización de una línea de banderas a través del terreno, cuando éste es de topografía plana u ondulada y de una línea de gradiente, cuando el terreno es accidentado o escarpado, en este caso, el trazo resulta controlado por las inclinaciones del terreno, Manual de Diseño (CBVT-2008).

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

El objetivo del Estudio de Topografía ha sido elaborar la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, de las instalaciones y edificaciones existentes, puestas por el hombre. Esta información es de vital importancia para el desarrollo del Diseño Geométrico.

Por tanto, el alineamiento horizontal y vertical, distancia de visibilidad y peralte, variarán apreciablemente con la velocidad directriz. En ese sentido, considerando la Clase de Carretera y Orografía del Terreno, se determinó la Velocidad Directriz para el proyecto en 30 Km/h.

Tabla 19*Listado BM*

BM	COTA	DESCRIPCION
BM-00	143.158	Hito de concreto
BM. 01	145.451	Hito de concreto
BM. 02	145.114	Hito de concreto
BM-3	143.763	Hito de concreto
BM-4	146.265	Hito de concreto
BM-5	149.666	Hito de concreto
BM-6	141.096	Hito de concreto
BM-7	145.856	Hito de concreto
BM-8	155.365	Hito de concreto
BM-9	150.702	Hito de concreto
BM-10	158.615	Hito de concreto
BM-11	145.310	Hito de concreto
BM-12	146.484	Hito de concreto
BM-13	145.558	Hito de concreto
BM-14	143.890	Hito de concreto

Fuente: Elaboración Propia

Estos puntos geodésicos, los cuales cuentan con coordenadas UTM en el sistema WGS 84, se utilizaron como base de las poligonales para las poligonales para los levantamientos Topográficos de la vía.

Al mismo modo estos puntos han sido nivelados en forma cerrada con base a los puntos de la poligonal más cercana, dando así una diferenciación entre las cotas mostradas entre la nivelación geométrica y la cota geoidal.

Trabajo de Gabinete.

El procedimiento de gabinete consiste en volcar toda la información obtenida de campo a la computadora cargada utilizando como plataforma de modelamiento el programa AIDC con plataforma en el AUTOCAD respectivos para la elaboración del relieve topográfico y ubicación de los elementos existentes dentro del tramo en estudio se diseñó el eje de la vía siguiendo los parámetros de diseño geométrico, y se originaron los planos respectivos.

Primero se procedió a generar la triangulación en base a los puntos tomados en campo por el topógrafo, una vez teniendo la triangulación debidamente revisada por el topógrafo y el ingeniero se procedió a generar las curvas de nivel respectiva con una elevación de un metro en curvas menores y cinco metros en curvas mayores, luego se trazó la planta del proyecto, el perfil y las secciones transversales y por último se procesó los volúmenes de corte y relleno.

Condición Actual De La Vía.

El tramo, de $L = 8 +600$ km, presenta las siguientes características técnicas:

Ancho de calzada	:	4.5 a 5.5 m
Bermas	:	Sin bermas
Cunetas	:	Sin cunetas
Pendiente máxima	:	12 %
Bombeo	:	Sin bombeo

Elaborar el Diseño Geométrico a Nivel de Afirmado del camino vecinal con el fin de brindar adecuadas condiciones de transitabilidad a los centros poblados de la zona del proyecto, otorgándole características técnicas y geométricas de acuerdo a los parámetros del Manual de diseño de caminos no Pavimentados de Bajo volumen de Tránsito.

Reducir los tiempos de transporte de productos agropecuarios hacia los mercados.

Garantizar transitabilidad la mayor parte del tiempo, seguridad y comodidad operativa.

Disminuir los costos de operación vehicular, abaratando los fletes y pasajes a los usuarios.

Secciones Transversales

Las secciones transversales fueron tomadas en el campo con eclímetro sobre el estacado del eje entre 25 m. a 30 m. a cada lado del eje.

sobre el estacado se procedió a realizar el seccionamiento con dos cuadrillas provistas con eclímetros, winchas y estacas, seccionando cada 20 m en tangentes y cada 10 m en curvas.

Todos estos trabajos han servido para ejecutar el relleno topográfico (Generación de Curvas de Nivel) a lo largo de todo el trazado, con el programa computarizado AutoCAD Civil 3D 2015

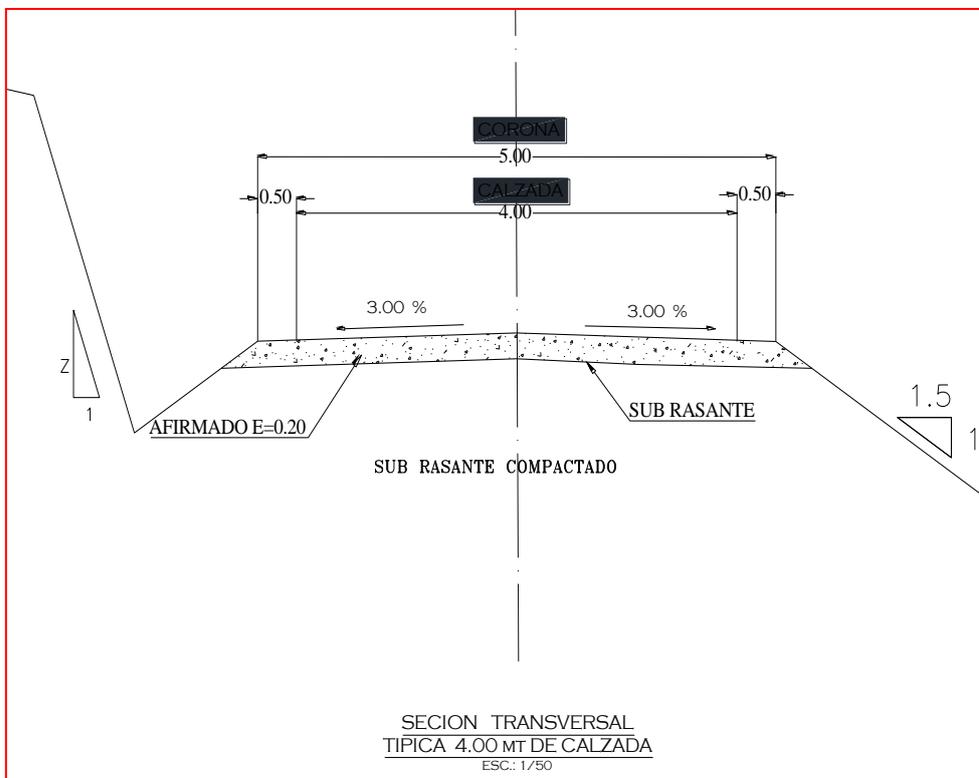


Figura 13: Pavimento de concreto reforzado (Fuente: Diseño de pavimentos)

Estudio de Gabinete

Culminando con el trabajo de Campo, y con todos los datos necesarios se procedió a realizar el trabajo de gabinete.

Parámetros de las Características Geométricas del Proyecto.

Para el desarrollo del presente informe se han utilizado las “Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras”.

Diseño Geométrico.

Para la Ubicación de los PI y el trazado de la poligonal abierta en los planos se utilizó el método de las coordenadas. Teniendo como datos los siguientes parámetros: Angulo de inflexión, sentido de las Curvas, Distancia entre PI, Azimut, se obtiene las coordenadas de los PI respectivos.

4.1.3. Diseño de las curvas horizontales

4.1.3.1. Calculo de los elementos de las curvas horizontales

Curva 1: Derecha

$$\begin{array}{rcl}
 I & = & 30^{\circ}08'30'' \\
 R & = \dots & 90.00 \\
 T & = \dots & \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 25.928 \\
 LC & = & \frac{\pi \times R \times I}{180} = 50.488 \\
 \hline
 PI & = & 0+310.099 \\
 -T & = & 0+025.928 \\
 \hline
 PC & = & 0+284.171 \\
 + LC & = & 0+050.488 \\
 \hline
 PT & = & 0+334.659
 \end{array}$$

Curva 2 : Izquierda

$$\begin{array}{rcl}
 I & = & 46^{\circ}52'16'' \\
 R & = \dots & 50.00 \\
 T & = \dots & \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 21.673 \\
 LC & = & \frac{\pi \times R \times I}{180} = 40.901 \\
 \hline
 PI & = & 0+446.073 \\
 -T & = & 0+021.673 \\
 \hline
 PC & = & 0+424.400 \\
 + LC & = & 0+040.901 \\
 \hline
 PT & = & 0+465.301
 \end{array}$$

Curva 3: Derecha

$$\begin{array}{rcl}
 I & = & 10^{\circ}08'30'' \\
 R & = \dots & 100.00 \\
 T & = \dots & \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 8.873 \\
 LC & = & \frac{\pi \times R \times I}{180} = 17.701 \\
 \hline
 PI & = & 0+564.712 \\
 -T & = & 0+008.873 \\
 \hline
 PC & = & 0+555.839 \\
 + LC & = & 0+017.701 \\
 \hline
 PT & = & 0+573.539
 \end{array}$$

Curva 4: Izquierda

$$\begin{array}{rcl}
 I & = & 28^{\circ}22'40'' \\
 R & = \dots & 100.00 \\
 T & = \dots & \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 25.283 \\
 LC & = & \frac{\pi \times R \times I}{180} = 49.529 \\
 \hline
 PI & = & 0+680.108 \\
 -T & = & 0+025.283 \\
 \hline
 PC & = & 0+654.825 \\
 + LC & = & 0+049.529 \\
 \hline
 PT & = & 0+704.353
 \end{array}$$

Curva 5: Derecha

$$\begin{array}{rcl}
 I & = & 5^{\circ}55'10'' \\
 R & = & 200.00 \\
 T & = & \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 10.341 \\
 LC & = & \frac{\pi \times R \times I}{180} = 20.663 \\
 \hline
 PI & = & 0+959.355 \\
 -T & = & 0+010.341 \\
 \hline
 PC & = & 0+949.014 \\
 + LC & = & 0+020.663 \\
 \hline
 PT & = & 0+969.677
 \end{array}$$

Curva 6: Izquierda

$$\begin{array}{rcl}
 I & = & 2^{\circ}44'50'' \\
 R & = & 400.00 \\
 T & = & \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 9.591 \\
 LC & = & \frac{\pi \times R \times I}{180} = 19.179 \\
 \hline
 PI & = & 1+082.667 \\
 -T & = & 0+009.591 \\
 \hline
 PC & = & 1+073.076 \\
 + LC & = & 0+019.179 \\
 \hline
 PT & = & 1+092.255
 \end{array}$$

Curva 7: Derecha

$$\begin{array}{rcl}
 I & = & 11^{\circ}26'20'' \\
 R & = & 100.00 \\
 T & = & \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 10.016 \\
 LC & = & \frac{\pi \times R \times I}{180} = 19.965 \\
 \hline
 PI & = & 1+338.036 \\
 -T & = & 0+010.016 \\
 \hline
 PC & = & 1+328.020 \\
 + LC & = & 0+019.965 \\
 \hline
 PT & = & 1+347.985
 \end{array}$$

Curva 8 : Izquierda

$$\begin{array}{rcl}
 I & = & 44^{\circ}47'10'' \\
 R & = & 60.00 \\
 T & = & \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 24.722 \\
 LC & = & \frac{\pi \times R \times I}{180} = 46.900 \\
 \hline
 PI & = & 1+540.712 \\
 -T & = & 0+024.722 \\
 \hline
 PC & = & 1+515.990 \\
 + LC & = & 0+046.900 \\
 \hline
 PT & = & 1+562.890
 \end{array}$$

Curva 9 : Derecha

$$\begin{array}{rcl}
 I & = & 33^{\circ}03'10'' \\
 PI & = & 1+790.389
 \end{array}$$

$$R = 70.00 \qquad -T = 0+020.770$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 20.770 \qquad \text{PC} = 1+769.612$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 40.382 \qquad + LC = 0+040.382$$

$$PT = 1+809.994$$

Curva 10: Derecha

$$I = 24^{\circ}10'10'' \qquad PI = 1+843.191$$

$$R = 50.00 \qquad -T = 0+010.705$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 10.705 \qquad \text{PC} = 1+833.191$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 21.092 \qquad + LC = 0+021.092$$

$$PT = 1+854.283$$

Curva 11: Derecha

$$I = 28^{\circ}49'00'' \qquad PI = 1+923.618$$

$$R = 60.00 \qquad -T = 0+015.415$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 15.415 \qquad \text{PC} = 1+908.203$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 30.177 \qquad + LC = 0+030.177$$

$$PT = 1+938.380$$

Curva 12: Izquierda

$$I = 14^{\circ}57'00'' \qquad PI = 2+066.941$$

$$R = 70.00 \qquad -T = 0+009.185$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 9.185 \qquad \text{PC} = 2+057.756$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 18.265 \qquad + LC = 0+018.265$$

$$PT = 2+076.021$$

Curva 13: Derecha

$$I = 10^{\circ}35'40'' \qquad PI = 2+139.558$$

$$R = 100.00 \qquad -T = 0+009.272$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 9.272 \qquad \text{PC} = 2+130.286$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 18.491$$

$$+ LC = 0+018.491$$

$$PT = 2+148.777$$

Curva 14: Izquierda

$$I = 45^{\circ}59'30''$$

$$PI = 2+259.579$$

$$R = 50.00$$

$$-T = 0+021.219$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 21.219$$

$$PC = 2+238.360$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 40.135$$

$$+ LC = 0+040.135$$

$$PT = 2+278.495$$

Curva 15: Izquierda

$$I = 15^{\circ}04'50''$$

$$PI = 2+429.564$$

$$R = 90.00$$

$$-T = 0+011.913$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 11.913$$

$$PC = 2+417.651$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 23.688$$

$$+ LC = 0+023.688$$

$$PT = 2+441.339$$

Curva 16: Izquierda

$$I = 20^{\circ}22'00''$$

$$PI = 2+529.846$$

$$R = 90.00$$

$$-T = 0+016.167$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 16.167$$

$$PC = 2+513.679$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 31.992$$

$$+ LC = 0+031.992$$

$$PT = 2+545.671$$

Curva 17: Izquierda

$$I = 7^{\circ}45'00''$$

$$PI = 2+804.192$$

$$R = 80.00$$

$$-T = 0+005.419$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 5.419$$

$$PC = 2+798.779$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 10.821$$

$$+ LC = 0+010.821$$

$$PT = 2+809.600$$

Curva 18 : Izquierda

$$I = 31^{\circ}30'10''$$

$$PI = 2+999.680$$

$$R = 80.00$$

$$-T = 0+022.564$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 22.564$$

$$PC = 2+977.116$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 43.986$$

$$+ LC = 0+043.986$$

$$PT = 3+021.102$$

Curva 19 : Derecha

$$I = 16^{\circ}09'10''$$

$$PI = 3+099.515$$

$$R = 70.00$$

$$-T = 0+009.933$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 9.933$$

$$PC = 3+089.582$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 19.734$$

$$+ LC = 0+019.734$$

$$PT = 3+109.316$$

Curva 20 : Izquierda

$$I = 3^{\circ}08'30''$$

$$PI = 3+255.086$$

$$R = 200.00$$

$$-T = 0+005.485$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 5.485$$

$$PC = 3+249.601$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 10.966$$

$$+ LC = 0+010.966$$

$$PT = 3+260.568$$

Curva 21 : Derecha

$$I = 13^{\circ}41'50''$$

$$PI = 3+334.741$$

$$R = 90.00$$

$$-T = 0+010.809$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 10.809$$

$$PC = 3+323.932$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 21.516$$

$$+ LC = 0+021.516$$

$$PT = 3+345.447$$

Curva 22 : Izquierda

$$I = 23^{\circ}37'20''$$

$$PI = 3+456.302$$

$$R = 80.00$$

$$-T = 0+016.729$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 16.729$$

$$PC = 3+439.573$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 32.983$$

$$+ LC = 0+032.983$$

$$PT = 3+472.556$$

Curva 23 : Izquierda

$$I = 10^{\circ}16'30''$$

$$PI = 3+561.863$$

$$R = 80.00$$

$$-T = 0+007.427$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 7.427$$

$$PC = 3+554.436$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 14.812$$

$$+ LC = 0+014.812$$

$$PT = 3+569.248$$

Curva 24 : Derecha

$$I = 27^{\circ}25'10''$$

$$PI = 3+603.872$$

$$R = 70.00$$

$$-T = 0+017.077$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 17.077$$

$$PC = 3+586.795$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 33.499$$

$$+ LC = 0+033.499$$

$$PT = 3+620.294$$

Curva 25 : Derecha

$$I = 26^{\circ}28'30''$$

$$PI = 3+660.803$$

$$R = 50.00$$

$$-T = 0+011.762$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 11.762$$

$$PC = 3+649.041$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 23.104$$

$$+ LC = 0+023.104$$

$$PT = 3+672.145$$

Curva 26 : Izquierda

$$I = 40^{\circ}59'20''$$

$$PI = 3+834.882$$

$$R = 50.00$$

$$-T = 0+018.689$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 18.689$$

$$PC = 3+825.193$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 35.770$$

$$+ LC = 0+035.770$$

$$PT = 3+860.963$$

Curva 27 : Derecha

$$I = 12^{\circ}18'10''$$

$$PI = 3+880.851$$

$$R = 70.00$$

$$-T = 0+007.544$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 7.544$$

$$PC = 3+873.307$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 15.031$$

$$+ LC = 0+015.031$$

$$PT = 3+888.337$$

Curva 28 : Derecha

$$I = 6^{\circ}37'40''$$

$$PI = 3+969.003$$

$$R = 200.00$$

$$-T = 0+011.581$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 11.581$$

$$PC = 3+957.422$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 23.135$$

$$+ LC = 0+023.135$$

$$PT = 3+980.558$$

Curva 29 : Izquierda

$$I = 09^{\circ}33'30''$$

$$PI = 4+170.571.361$$

$$R = 100.00$$

$$-T = 0+008$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 8.361$$

$$PC = 4+162.210$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 16.682$$

$$+ LC = 0+016.682$$

$$PT = 4+178.893$$

Curva 30 : Derecha

$$I = 7^{\circ}48'00''$$

$$PI = 4+231.283$$

$$R = 100.00$$

$$-T = 0+006.817$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 6.817$$

$$PC = 4+224.466$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 13.614$$

$$+ LC = 0+013.614$$

$$PT = 4+238.079$$

Curva 31 : Derecha

$$I = 2^{\circ}08'30''$$

$$PI = 4+603.872$$

$$R = 70.00$$

$$-T = 0+017.077$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 17.077$$

$$PC = 4+586.795$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 33.499$$

$$+ LC = 0+033.499$$

$$PT = 4+620.294$$

Curva 32 : Izquierda

$$I = 4^{\circ}57'00''$$

$$PI = 4+455.469$$

$$R = 200.00$$

$$-T = 0+008.645$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 8.645$$

$$PC = 4+446.824$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 17.279$$

$$+ LC = 0+017.279$$

$$PT = 4+464.103$$

Curva 33 : Derecha

$$I = 17^{\circ}02'40''$$

$$PI = 4+650.366$$

$$R = 80.00$$

$$-T = 0+011.988$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 11.988$$

$$PC = 4+638.378$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 23.799$$

$$+ LC = 0+023.799$$

$$PT = 4+662.177$$

Curva 34 : Izquierda

$$I = 11^{\circ}00'30''$$

$$PI = 4+722.791$$

$$R = 90.00$$

$$-T = 0+008.673$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 8.673$$

$$PC = 4+714.118$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 17.292$$

$$+ LC = 0+017.292$$

$$PT = 4+713.410$$

Curva 35 : Derecha

$$I = 18^{\circ}30'50''$$

$$PI = 4+841.541$$

$$R = 50.00$$

$$-T = 0+008.149$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 8.149$$

$$PC = 4+833.392$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 16.156$$

$$+ LC = 0+016.156$$

$$PT = 4+849.548$$

Curva 36 : Izquierda

$$I = 17^{\circ}15'10''$$

$$PI = 4+931.073$$

$$R = 50.00$$

$$-T = 0+007.585$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 7.585$$

$$PC = 4+923.488$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 15.056$$

$$+ LC = 0+015.056$$

$$PT = 4+938.544$$

Curva 37 : Derecha

$$I = 12^{\circ}58'10''$$

$$PI = 5+036.651$$

$$R = 80.00$$

$$-T = 0+009.093$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 9.093$$

$$PC = 5+027.558$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 18.109$$

$$+ LC = 0+018.109$$

$$PT = 5+045.657$$

Curva 38 : Derecha

$$I = 12^{\circ}35'00''$$

$$PI = 5+174.174$$

$$R = 90.00$$

$$-T = 0+009.923$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 9.923$$

$$PC = 5+164.251$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 19.766$$

$$9PT = 5+184.017$$

Curva 39 : Izquierda

$$I = 8^{\circ}29'20''$$

$$R = 60.00$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 4.453$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 8.890$$

$$+ LC = 0+019.766$$

$$PI = 5+228.882$$

$$-T = 0+004.453$$

$$PC = 5+224.429$$

$$+ LC = 0+008.890$$

$$PT = 5+223.319$$

Curva 40 : Izquierda

$$I = 24^{\circ}00'40''$$

$$R = 80.00$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 17.013$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 33.526$$

$$PI = 5+380.287$$

$$-T = 0+017.013$$

$$PC = 5+363.224$$

$$+ LC = 0+033.526$$

$$PT = 5+396.800$$

Curva 41 : Derecha

$$I = 12^{\circ}30'20''$$

$$R = 70.00$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 7.670$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 15.278$$

$$PI = 5+472.392$$

$$-T = 0+007.670$$

$$PC = 5+464.722$$

$$+ LC = 0+015.278$$

$$PT = 5+480.001$$

Curva 42 : Izquierda

$$I = 25^{\circ}43'00''$$

$$R = 50.00$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 11.413$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 22.442$$

$$PI = 5+547.180$$

$$-T = 0+011.413$$

$$PC = 5+535.767$$

$$+ LC = 0+022.442$$

$$PT = 5+558.209$$

Curva 43 : Derecha

$$I = 12^{\circ}38'00''$$

$$R = 80.00$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 8.856$$

$$PI = 5+472.392$$

$$-T = 0+007.670$$

$$PC = 5+464.722$$

$$LC = \frac{x R x I}{180} = 17.639$$

$$+ LC = 0+015.278$$

$$PT = 5+480.001$$

Curva 44 : Izquierda

$$I = 9^{\circ}08'50''$$

$$PI = 5+710.568$$

$$R = 100.00$$

$$-T = 0+007.999$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 7.999$$

$$PC = 5+702.569$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 15.965$$

$$+ LC = 0+015.965$$

$$PT = 5+718.533$$

Curva 45 : Derecha

$$I = 2^{\circ}31'50''$$

$$PI = 5+841.367$$

$$R = 500.00$$

$$-T = 0+011.043$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 11.043$$

$$PC = 5+830.324$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 22.083$$

$$+ LC = 0+022.083$$

$$PT = 5+852.407$$

Curva 46 : Derecha

$$I = 12^{\circ}22'40''$$

$$PI = 5+990.822$$

$$R = 90.00$$

$$-T = 0+009.759$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 9.759$$

$$PC = 5+981.063$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 19.453$$

$$+ LC = 0+019.453$$

$$PT = 6+000.505$$

Curva 47 : Izquierda

$$I = 13^{\circ}10'10''$$

$$PI = 6+088.718$$

$$R = 90.00$$

$$-T = 0+010.389$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 10.389$$

$$PC = 6+078.329$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 20.687$$

$$+ LC = 0+020.687$$

$$PT = 6+099.015$$

Curva 48 : Izquierda

$$I = 9^{\circ}24'30''$$

$$PI = 6+221.444$$

$$R = 60.00$$

$$-T = 0+004.937$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 4.937$$

$$PC = 6+216.507$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 9.852$$

$$+ LC = 0+009.852$$

$$PT = 6+226.359$$

Curva 49 : Derecha

$$I = 14^{\circ}11'40''$$

$$PI = 6+275.941$$

$$R = 60.00$$

$$-T = 0+007.470$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 7.470$$

$$PC = 6+268.471$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 14.814$$

$$+ LC = 0+014.814$$

$$PT = 6+283.335$$

Curva 50 : Derecha

$$I = 7^{\circ}04'30''$$

$$PI = 6+375.376$$

$$R = 120.00$$

$$-T = 0+007.418$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 7.418$$

$$PC = 6+367.958$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 14.818$$

$$+ LC = 0+014.818$$

$$PT = 6+382.775$$

Curva 51 : Izquierda

$$I = 22^{\circ}59'50''$$

$$PI = 6+454.868$$

$$R = 50.00$$

$$-T = 0+010.171$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 10.171$$

$$PC = 6+444.697$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 20.069$$

$$+ LC = 0+020.069$$

$$PT = 6+464.766$$

Curva 52 : Derecha

$$I = 20^{\circ}35'50''$$

$$PI = 6+548.717$$

$$R = 70.00$$

$$-T = 0+012.719$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 12.719$$

$$PC = 6+535.998$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 25.164$$

$$+ LC = 0+025.164$$

$$PT = 6+561.162$$

Curva 53 : Derecha

$$I = 29^{\circ}31'00''$$

$$PI = 6+597.133$$

$$R = 50.00$$

$$-T = 0+013.172$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 13.172$$

$$PC = 6+583.961$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 25.758$$

$$+ LC = 0+025.758$$

$$PT = 6+609.719$$

Curva 54 : Izquierda

$$I = 54^{\circ}00'10''$$

$$PI = 6+688.910$$

$$R = 60.00$$

$$-T = 0+030.573$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 30.573$$

$$PC = 6+658.337$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 56.552$$

$$+ LC = 0+056.552$$

$$PT = 6+658.337$$

Curva 55 : Derecha

$$I = 20^{\circ}02'00''$$

$$PI = 6+785.554$$

$$R = 50.00$$

$$-T = 0+010.643$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 10.643$$

$$PC = 6+774.911$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 20.973$$

$$+ LC = 0+020.973$$

$$PT = 6+795.884$$

Curva 56 : Izquierda

$$I = 10^{\circ}21'10''$$

$$PI = 6+905.806$$

$$R = 90.00$$

$$-T = 0+008.153$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 8.153$$

$$PC = 6+897.653$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 16.262$$

$$+ LC = 0+016.262$$

$$PT = 6+913.915$$

Curva 57 : Derecha

$$I = 7^{\circ}14'30''$$

$$PI = 7+198.703$$

$$R = 80.00$$

$$-T = 0+005.062$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 5.062$$

$$PC = 7+193.641$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 10.111$$

$$+ LC = 0+010.111$$

$$PT = 7+203.752$$

Curva 58 : Derecha

$$I = 9^{\circ}43'30''$$

$$PI = 7+349.205$$

$$R = 70.00$$

$$-T = 0+005.955$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 5.955$$

$$PC = 7+343.250$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 11.881$$

$$+ LC = 0+011.881$$

$$PT = 7+355.131$$

Curva 59 : Izquierda

$$I = 34^{\circ}24'00''$$

$$PI = 7+452.592$$

$$R = 70.00$$

$$-T = 0+021.669$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 21.669$$

$$PC = 7+430.923$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 42.028$$

$$+ LC = 0+042.028$$

$$PT = 7+472.951$$

Curva 60 : Derecha

$$I = 25^{\circ}42'50''$$

$$PI = 7+519.430$$

$$R = 70.00$$

$$-T = 0+015.977$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 15.977$$

$$PC = 7+503.453$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 31.415$$

$$+ LC = 0+031.415$$

$$PT = 7+543.869$$

Curva 61 : Derecha

$$I = 9^{\circ}16'10''$$

$$PI = 7+681.023$$

$$R = 90.00$$

$$-T = 0+007.296$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 7.296$$

$$PC = 7+673.727$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 14.560$$

$$+ LC = 0+014.560$$

$$PT = 7+688.287$$

Curva 62 : Izquierda

$$I = 37^{\circ}00'50''$$

$$PI = 7+854.801$$

$$R = 70.00$$

$$-T = 0+023.533$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 23.533$$

$$PC = 7+831.268$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 45.404$$

$$+ LC = 0+045.404$$

$$PT = 7+876.672$$

Curva 63 : Derecha

$$I = 18^{\circ}18'00''$$

$$PI = 7+925.924$$

$$R = 70.00$$

$$-T = 0+011.275$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 11.275$$

$$PC = 7+914.649$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 22.358 \qquad + LC = 0+022.358$$

$$PT = 7+937.007$$

Curva 64 : Derecha

$$I = 24^{\circ}00'20'' \qquad PI = 8+007.442$$

$$R = 60.00 \qquad -T = 0+012.756$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 12.756 \qquad PC = 7+994.686$$

$$LC = \frac{\pi x R x I}{180} = 25.139 \qquad + LC = 0+025.139$$

$$PT = 8+019.824$$

4.1.3.2. Cuadro de resultados curvas horizontales

N° PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.
0	I	180°00'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	0 + 000.000	0 + 000.000	0 + 000.000
1	D	32°08'30"	90.000	25.928	50.488	3.660	0 + 310.099	0 + 284.171	0 + 334.659
2	I	46°52'10"	50.000	21.673	40.901	4.495	0 + 446.073	0 + 424.400	0 + 465.301
3	D	10°08'30"	100.000	8.873	17.701	0.393	0 + 564.712	0 + 555.839	0 + 573.539
4	I	28°22'40"	100.000	25.283	49.529	3.147	0 + 680.108	0 + 654.825	0 + 704.353
5	D	5°55'10"	200.000	10.341	20.663	0.267	0 + 959.355	0 + 949.014	0 + 969.677

N° PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.
6	I	2°44'50"	400.000	9.591	19.179	0.115	1 + 082.667	1 + 073.076	1 + 092.255
7	D	11°26'20"	100.000	10.016	19.965	0.500	1 + 338.036	1 + 328.020	1 + 347.985
8	I	44°47'10"	60.000	24.722	46.900	4.893	1 + 540.712	1 + 515.990	1 + 562.890
9	D	33°03'10"	70.000	20.770	40.382	3.016	1 + 790.382	1 + 769.612	1 + 809.994
10	D	24°10'10"	50.000	10.705	21.092	1.133	1 + 843.896	1 + 833.191	1 + 854.283
11	D	28°49'00"	60.000	15.415	30.177	1.948	1 + 923.618	1 + 908.203	1 + 938.380

Nº PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.
12	I	14°57'00"	70.000	9.185	18.265	0.600	2 + 066.941	2 + 057.756	2 + 076.021
13	D	10°35'40"	100.000	9.272	18.491	0.429	2 + 139.558	2 + 130.286	2 + 148.777
14	I	45°59'30"	50.000	21.219	40.135	4.316	2 + 259.579	2 + 238.360	2 + 278.495
15	I	15°04'50"	90.000	11.913	23.688	0.785	2 + 429.564	2 + 417.651	2 + 441.339
16	I	20°22'00"	90.000	16.167	31.992	1.440	2 + 529.846	2 + 513.679	2 + 545.671
17	I	7°45'00"	80.000	5.419	10.821	0.183	2 + 804.198	2 + 798.779	2 + 809.600
18	I	31°30'10"	80.000	22.564	43.986	3.121	2 + 999.680	2 + 977.116	3 + 021.102

Nº PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.
18	I	31°30'10"	80.000	22.564	43.986	3.121	2 + 999.680	2 + 977.116	3 + 021.102
19	D	16°09'10"	70.000	9.933	19.734	0.701	3 + 099.515	3 + 089.582	3 + 109.316
20	I	3°08'30"	200.000	5.485	10.966	0.075	3 + 255.086	3 + 249.601	3 + 260.568
21	D	13°41'50"	90.000	10.809	21.516	0.647	3 + 334.741	3 + 323.932	3 + 345.447
22	I	23°37'20"	80.000	16.729	32.983	1.730	3 + 456.302	3 + 439.573	3 + 472.556
23	I	10°36'30"	80.000	7.427	14.812	0.344	3 + 561.863	3 + 554.436	3 + 569.248
24	D	27°25'10"	70.000	17.077	33.499	2.053	3 + 603.872	3 + 586.795	3 + 620.294
25	D	26°28'30"	50.000	11.762	23.104	1.365	3 + 660.803	3 + 649.041	3 + 672.145
26	I	40°59'20"	50.000	18.689	35.770	3.379	3 + 843.882	3 + 825.193	3 + 860.963
27	D	12°18'10"	70.000	7.544	15.031	0.405	3 + 880.851	3 + 873.307	3 + 888.337
28	D	6°37'40"	200.000	11.581	23.135	0.335	3 + 969.003	3 + 957.422	3 + 980.558

Nº PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.
29	I	9°33'30"	100.000	8.361	16.682	0.349	4 + 170.571	4 + 162.210	4 + 178.893
30	D	7°48'00"	100.000	6.817	13.614	0.232	4 + 231.283	4 + 224.466	4 + 238.079
31	D	2°08'30"	500.000	9.346	18.690	0.087	4 + 336.350	4 + 327.004	4 + 345.694
32	I	4°57'00"	200.000	8.645	17.279	0.187	4 + 455.469	4 + 446.824	4 + 464.103
33	D	17°02'40"	80.000	11.988	23.799	0.893	4 + 650.366	4 + 638.378	4 + 662.177
34	I	11°00'30"	90.000	8.673	17.292	0.417	4 + 722.791	4 + 714.118	4 + 731.410
35	D	18°30'50"	50.000	8.149	16.156	0.660	4 + 841.541	4 + 833.392	4 + 849.548
36	I	17°15'10"	50.000	7.585	15.056	0.572	4 + 931.073	4 + 923.488	4 + 938.544

Nº PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.
37	D	12°58'10"	80.000	9,093	18.109	0,515	5 + 036,651	5 + 027,558	5 + 045,667
38	D	12°35'00"	90.000	9,923	19,766	0,545	5 + 174,174	5 + 164,251	5 + 184,017
39	I	8°29'20"	60.000	4,453	8,890	0,165	5 + 228,882	5 + 224,429	5 + 233,319
40	I	24°00'40"	80.000	17,013	33,526	1,789	5 + 380,287	5 + 363,274	5 + 396,800
41	D	12°30'20"	70.000	7,670	15,278	0,419	5 + 472,392	5 + 464,722	5 + 480,001
42	I	25°43'00"	50.000	11,413	22,442	1,286	5 + 547,180	5 + 535,767	5 + 558,209
43	D	12°38'00"	80.000	8,856	17,639	0,489	5 + 593,026	5 + 584,170	5 + 601,810
44	I	9°08'50"	100.000	7,999	15,965	0,319	5 + 710,568	5 + 702,569	5 + 718,533
45	D	2°31'50"	500.000	11,043	22,083	0,122	5 + 841,367	5 + 830,324	5 + 852,407
46	D	12°22'40"	90.000	9,759	19,443	0,528	5 + 990,822	5 + 981,063	6 + 000,505

Nº PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.
46	D	12°22'40"	90.000	9,759	19,443	0,528	5 + 990,822	5 + 981,063	6 + 000,505
47	I	13°10'10"	90.000	10,389	20,687	0,598	6 + 088,718	6 + 078,329	6 + 099,015
48	I	9°24'30"	60.000	4,937	9,852	0,203	6 + 221,444	6 + 216,507	6 + 226,359
49	D	14°11'40"	60.000	7,470	14,864	0,463	6 + 275,941	6 + 268,471	6 + 283,335
50	D	7°04'30"	120.000	7,418	14,818	0,229	6 + 375,376	6 + 367,958	6 + 382,775
51	I	22°59'50"	50.000	10,171	20,069	1,024	6 + 454,868	6 + 444,697	6 + 464,766
52	D	20°35'50"	70.000	12,719	25,164	1,146	6 + 548,717	6 + 535,998	6 + 561,162
53	D	29°31'00"	50.000	13,172	25,758	1,706	6 + 597,133	6 + 583,961	6 + 609,719
54	I	54°00'10"	60.000	30,573	56,552	7,340	6 + 688,910	6 + 658,337	6 + 714,888
55	D	24°02'00"	50.000	10,643	20,973	1,120	6 + 785,554	6 + 774,911	6 + 795,884
56	I	10°21'10"	90.000	8,153	16,262	0,369	6 + 905,806	6 + 897,653	6 + 913,915

Nº PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.
57	D	7°14'30"	80.000	5,062	10,111	0,160	7 + 198,703	7 + 193,641	7 + 203,752
58	D	9°43'30"	70.000	5,955	11,881	0,253	7 + 349,205	7 + 343,250	7 + 355,131
59	I	34°24'00"	70.000	21,669	42,028	3,277	7 + 452,592	7 + 430,923	7 + 472,951
60	D	25°42'50"	70.000	15,977	31,415	1,800	7 + 519,430	7 + 503,453	7 + 534,869
61	D	9°16'10"	90.000	7,296	14,560	0,295	7 + 681,023	7 + 673,727	7 + 688,287
62	I	37°09'50"	70.000	23,533	45,404	3,850	7 + 854,801	7 + 831,268	7 + 876,672
63	D	18°18'00"	70.000	11,275	22,358	0,902	7 + 925,924	7 + 914,649	7 + 937,007
64	D	24°00'20"	60.000	12,756	25,139	1,341	8 + 007,442	7 + 994,686	8 + 019,824

4.1.3.3. Diseño de las curvas verticales

4.1.3.3.1. Cálculo de los elementos de las curvas verticales

➤ Curva Vertical (1)

Datos:

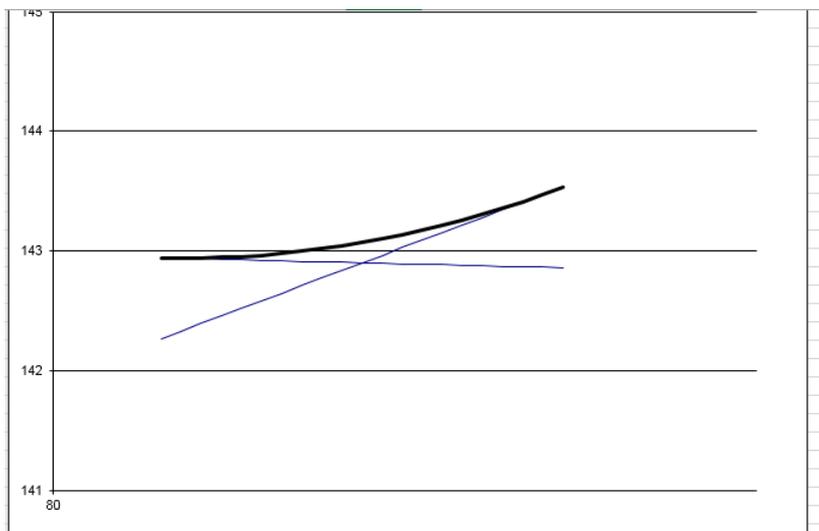
- Pendiente 1 (i_1): **-0.2%**
- Pendiente 2 (i_2): **3.2%**
- Progresiva intersección (PI): **111 m**
- Cota Intersección: **143 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200L + i_1X / 100 : (a_1) = -0.002$
- $Y = a_1X^2 + a_1X : (a_2) = 0.000423$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.17 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Progresiva = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **90.7 m**
- Cota = Cota I - $i_1L/2$: (Cota Pc) = **142.9 m**
- **Fc Fin Curva**
- Progresiva = Prog. I + $L/2$: (Prog. Pc) = **130.7 m**
- Cota = Cota I + $i_2L/2$: (Cota Pc) = **143.5 m**



➤ **Curva Vertical (2)**

Datos:

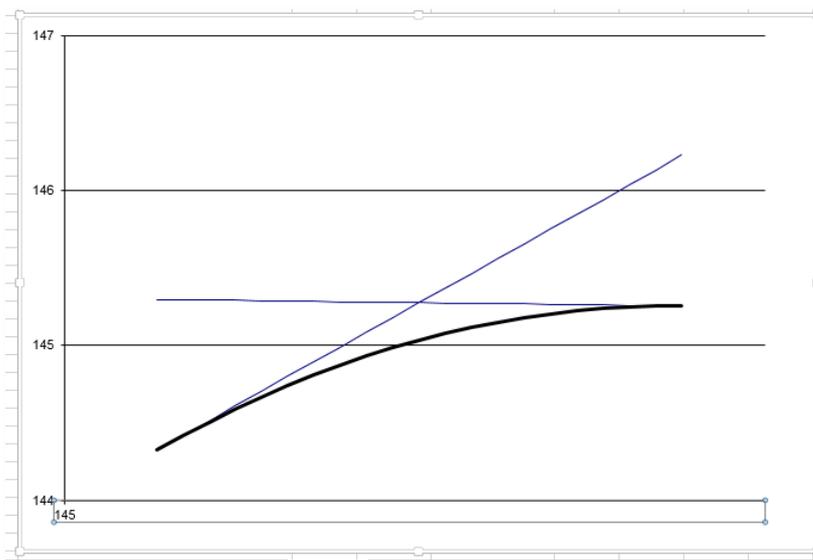
- Pendiente 1 (i_1): **3.2%**
- Pendiente 2 (i_2): **-0.1%**
- Prolongación intersección (PI): **185 m**
- Cota Intersección: **145 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = 0.032$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.00027$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.24 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **155.5 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **144.3 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **215.15 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **145.3 m**



➤ Curva Vertical (3)

Datos:

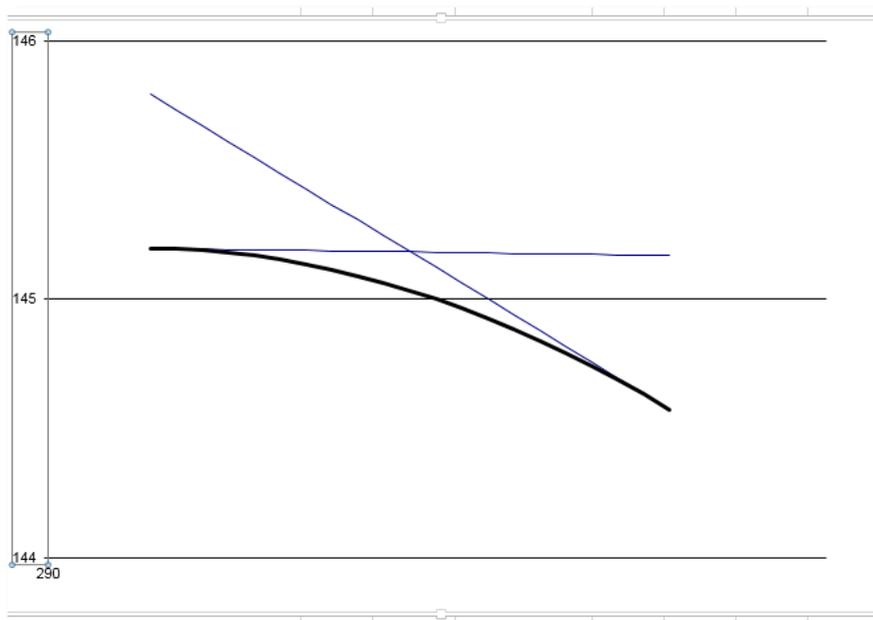
- Pendiente 1 (i_1): **-0.70%**
- Pendiente 2 (i_2): **- 3.61%**
- Prolongación intersección (PI): **317.90 m**
- Cota Intersección: **145.182 m**
- Longitud Adoptada: **40m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.001$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.000374$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.15 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **237.7 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **145.2 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **337.9 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **144.6 m**



➤ **Curva Vertical (4)**

Datos:

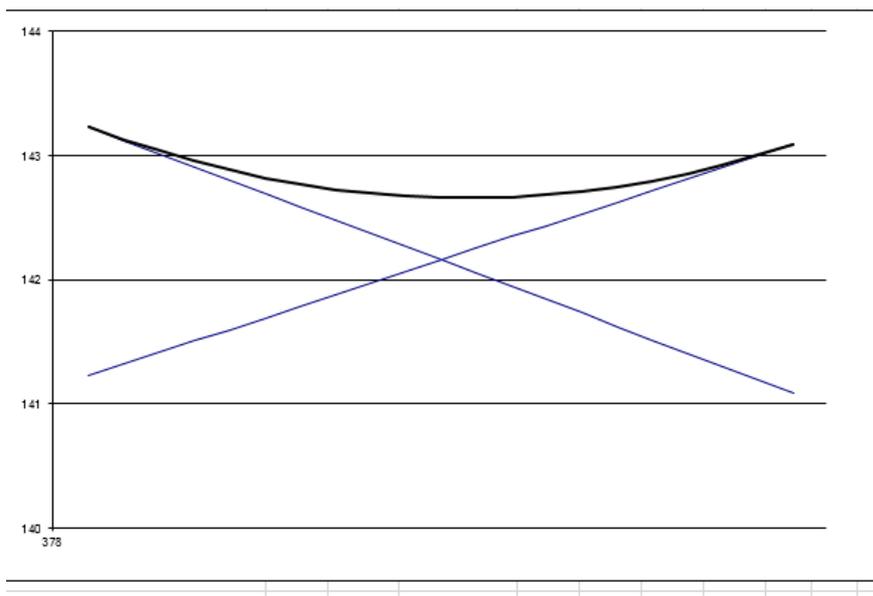
- Pendiente 1 (i_1): **-3.1%**
- Pendiente 2 (i_2): **-2.7%**
- Progresiva intersección (PI): **417 m**
- Cota Intersección: **142 m**
- Longitud Adoptada: **70 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = \mathbf{-0.031}$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = \mathbf{-0.000409}$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = \mathbf{0.50 m}$
- **Pc Principio Curva**
- Progresiva = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **381.7 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **143.2 m**
- **Fc Fin Curva**
- Progresiva = Prog. I + $L/2$: (Prog. Pc) = **451.7 m**
- Cota = Cota I + $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **143.1 m**



➤ **Curva Vertical (5)**

Datos:

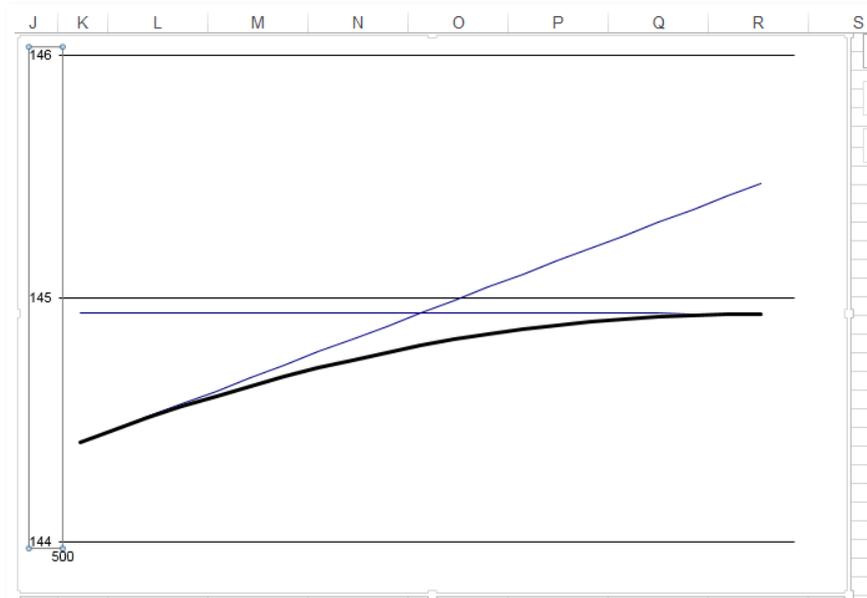
- Pendiente 1 (i_1): **2.7%**
- Pendiente 2 (i_2): **-0.01%**
- Prolongación intersección (PI): **521 m**
- Cota Intersección: **145 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = 0.027$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.000335$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.13 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **501 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **144.4 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **541 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **149.9 m**



➤ **Curva Vertical (6)**

Datos:

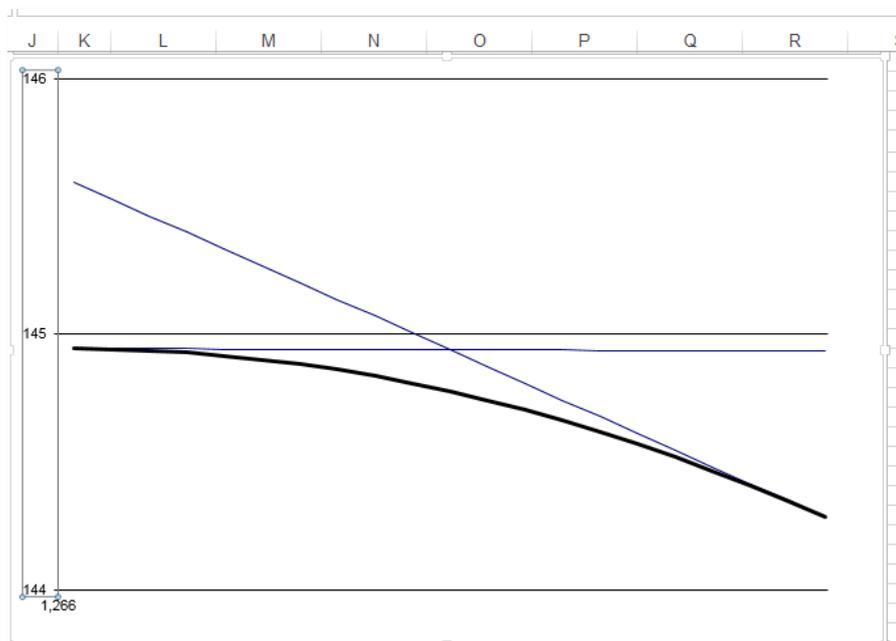
- Pendiente 1 (i_1): **-0.01%**
- Pendiente 2 (i_2): **-1.6%**
- Prolongación intersección (PI): **1308 m**
- Cota Intersección: **145 m**
- Longitud Adoptada: **80 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.00013$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.000102$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.16 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **1267.7 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **144.9 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **1347.7 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **144.3 m**



➤ **Curva Vertical (7)**

Datos:

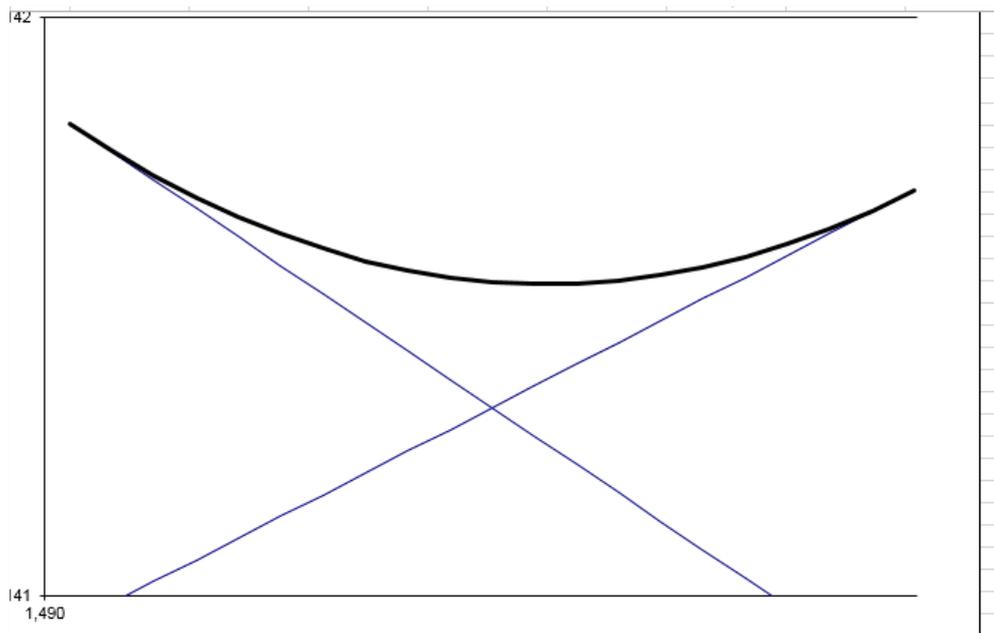
- Pendiente 1 (i_1): **-1.6%**
- Pendiente 2 (i_2): **1.3%**
- Prolongación intersección (PI): **1522 m**
- Cota Intersección: **141 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.016$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.000241$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.22 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **1491.8 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **141.8 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **1551.8 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **141.7 m**



➤ **Curva Vertical (8)**

Datos:

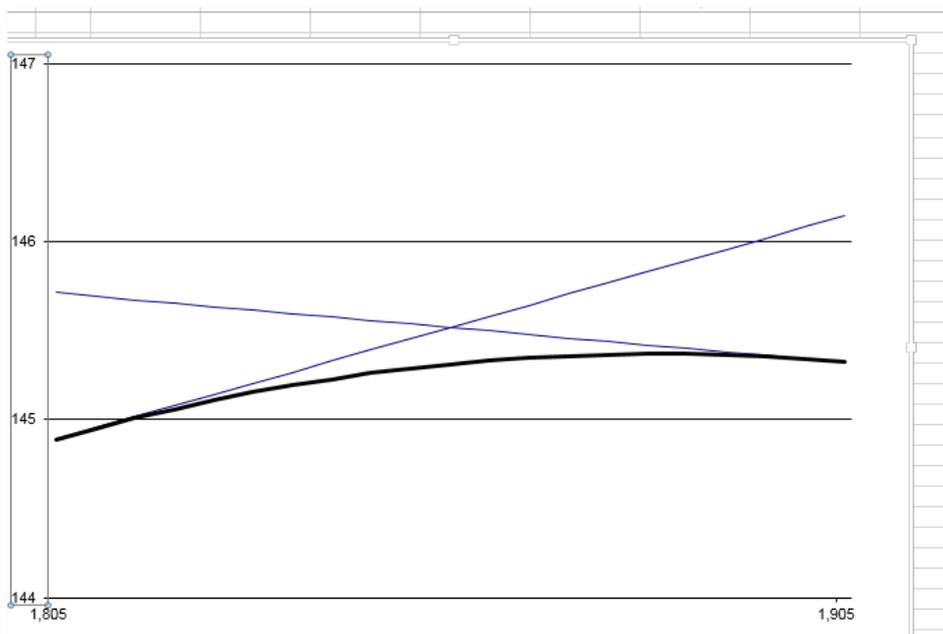
- Pendiente 1 (i_1): **1.3%**
- Pendiente 2 (i_2): **-0.4%**
- Prolongación intersección (PI): **1856 m**
- Cota Intersección: **146 m**
- Longitud Adoptada: **100 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = \mathbf{0.013}$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = \mathbf{-0.000082}$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = \mathbf{0.21 m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **1806.1 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **144.9 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **1906.1 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **145.3 m**



➤ **Curva Vertical (9)**

Datos:

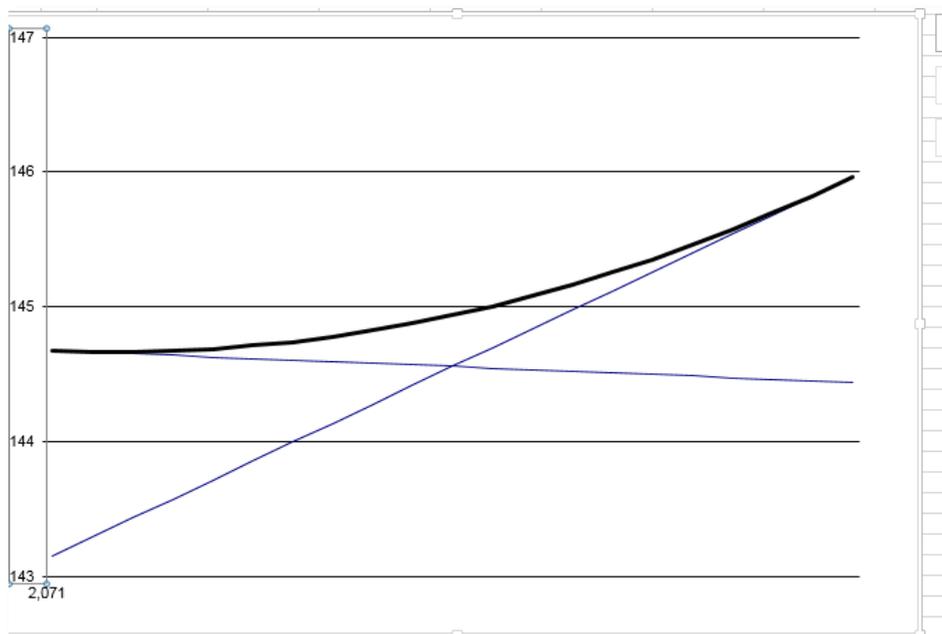
- Pendiente 1 (i_1): **-0.4%**
- Pendiente 2 (i_2): **4.7%**
- Prolongación intersección (PI): **2101 m**
- Cota Intersección: **145 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.004$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.000422$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.38 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **2071.5 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **144.7 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **2131.5 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **1456 m**



➤ **Curva Vertical (10)**

Datos:

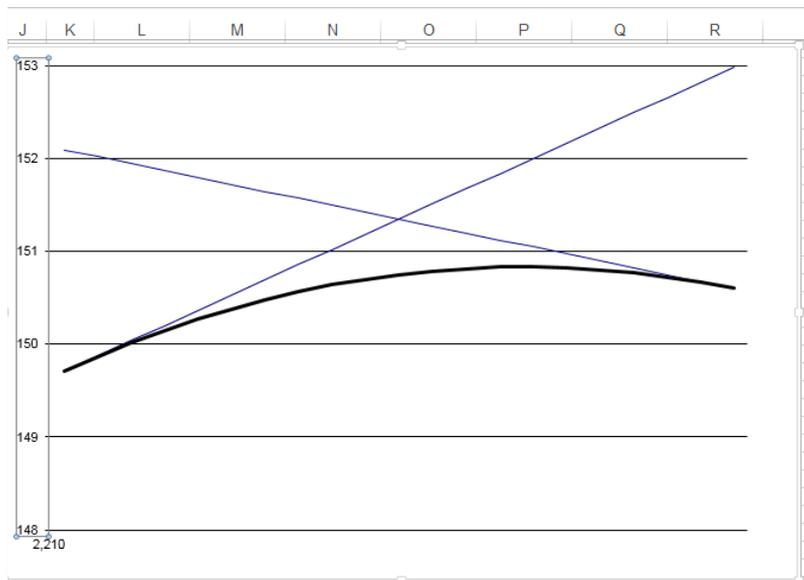
- Pendiente 1 (i_1): **4.7%**
- Pendiente 2 (i_2): **-2.1%**
- Prolongación intersección (PI): **2247 m**
- Cota Intersección: **151 m**
- Longitud Adoptada: **70 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = 0.047$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.000477$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.60 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **2211.6 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **149.7 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **2281.6 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **150.6 m**



➤ **Curva Vertical (11)**

Datos:

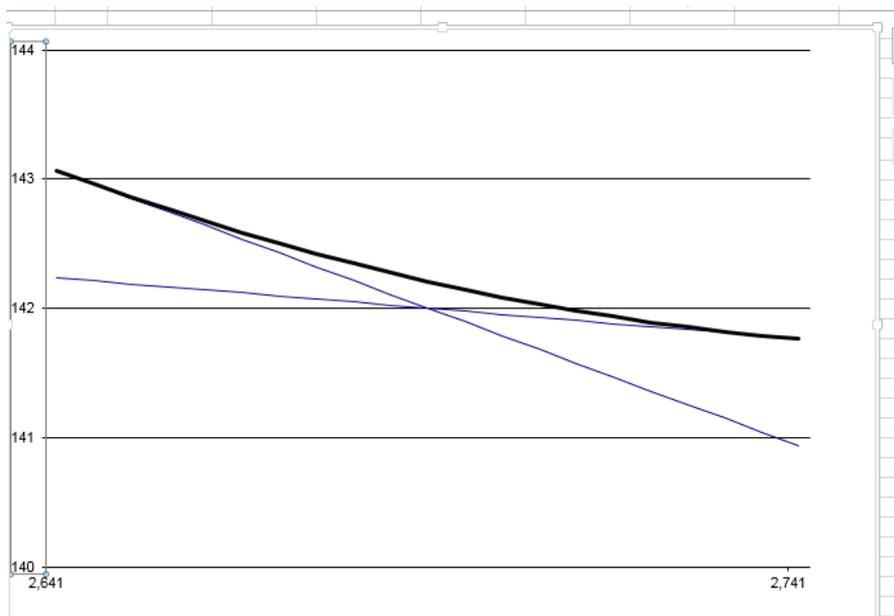
- Pendiente 1 (i_1): **-2.1%**
- Pendiente 2 (i_2): **-0.5%**
- Progresiva intersección (PI): **2692 m**
- Cota Intersección: **142 m**
- Longitud Adoptada: **100 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = \mathbf{0.021}$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = \mathbf{-0.000083}$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = \mathbf{0.21 \text{ m}}$
- **Pc Principio Curva**
- Progresiva = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **2642.5 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **143.1 m**
- **Fc Fin Curva**
- Progresiva = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **2742.5 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **141.8 m**



➤ **Curva Vertical (12)**

Datos:

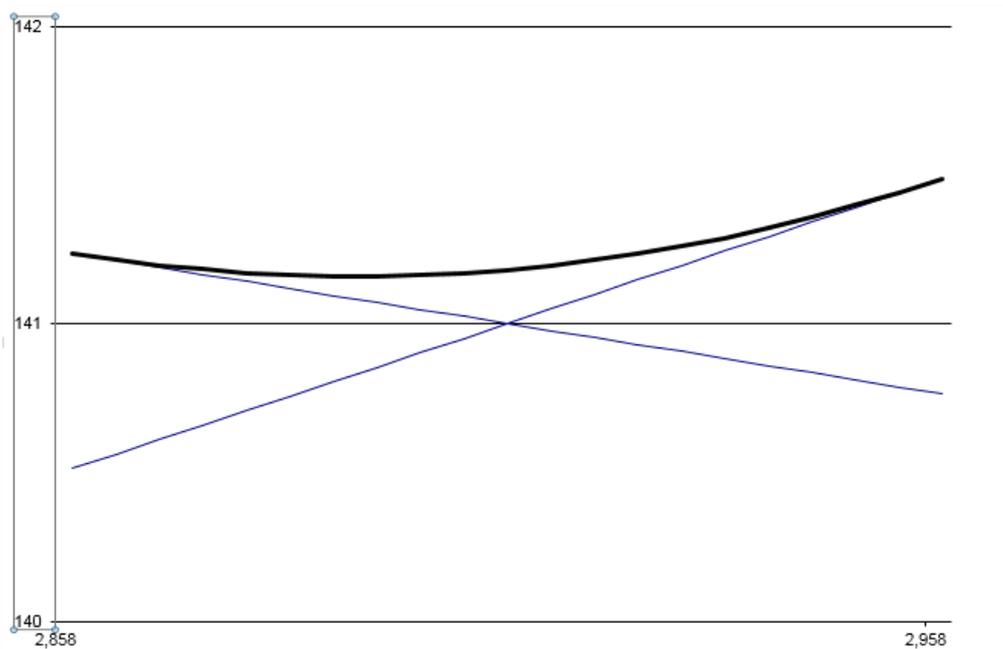
- Pendiente 1 (i_1): **-0.5%**
- Pendiente 2 (i_2): **1.0%**
- Prolongación intersección (PI): **2910 m**
- Cota Intersección: **141 m**
- Longitud Adoptada: **100 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.005$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.000072$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.18 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **2860 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **141.2 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **2960 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **141.5 m**



➤ **Curva Vertical (13)**

Datos:

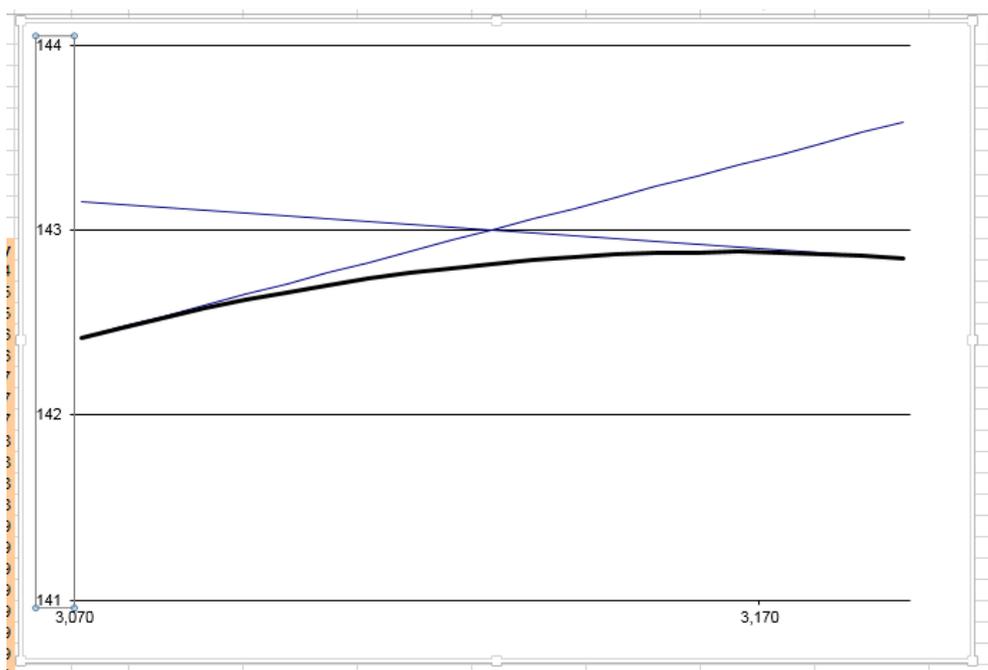
- Pendiente 1 (i_1): **1.0%**
- Pendiente 2 (i_2): **-0.3%**
- Prolongación intersección (PI): **3131 m**
- Cota Intersección: **143 m**
- Longitud Adoptada: **1200 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = 0.010$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.000051$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.18 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **3071 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **142.4 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **3191 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **142.8 m**



➤ **Curva Vertical (14)**

Datos:

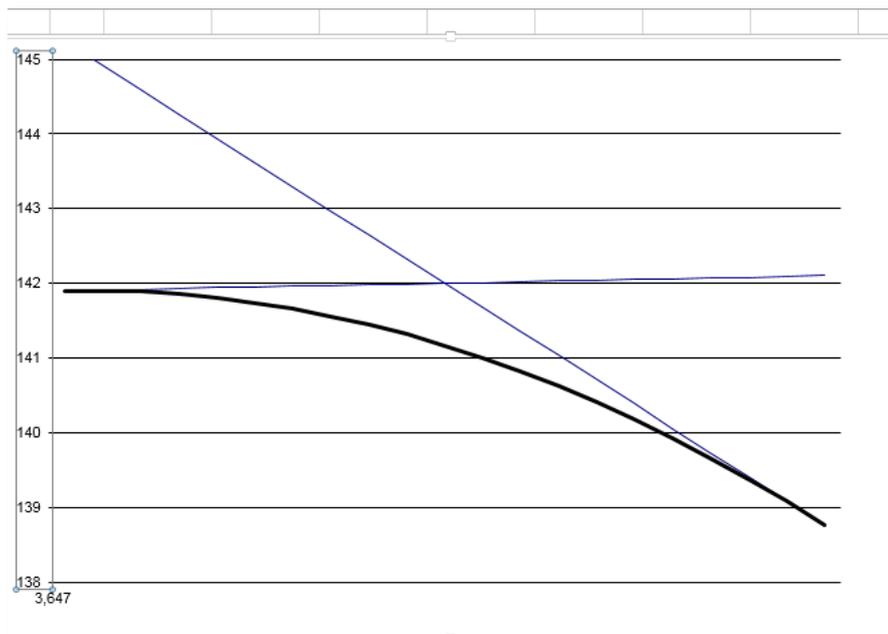
- Pendiente 1 (i_1): **0.3%**
- Pendiente 2 (i_2): **-8.1%**
- Prolongación intersección (PI): **3388 m**
- Cota Intersección: **142 m**
- Longitud Adoptada: **80 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = 0.03$
- $Y = a_1 X^2 + a_1 X : (a_2) = -0.000521$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.83 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **3648.3 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **141.9 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **3728.3 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **138.8 m**



➤ **Curva Vertical (15)**

Datos:

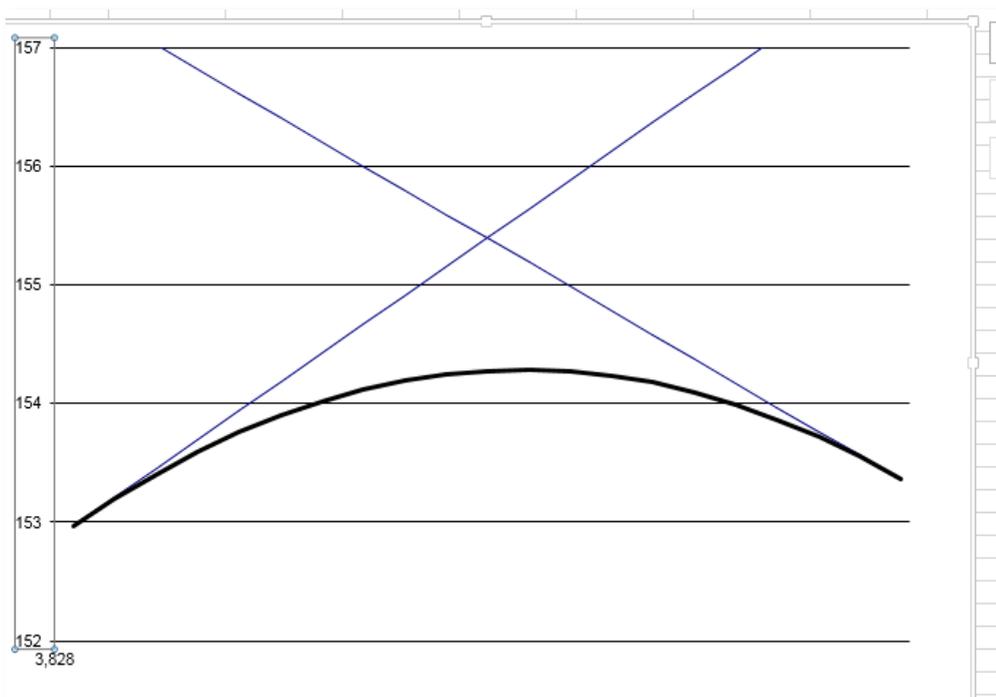
- Pendiente 1 (i_1): **8.1%**
- Pendiente 2 (i_2): **-6.8%**
- Prolongación intersección (PI): **3859 m**
- Cota Intersección: **155 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = \mathbf{0.081}$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = \mathbf{-0.00124}$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = \mathbf{1.11 m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **3829.4 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **153 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **3829.4 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **153.4 m**



➤ **Curva Vertical (16)**

Datos:

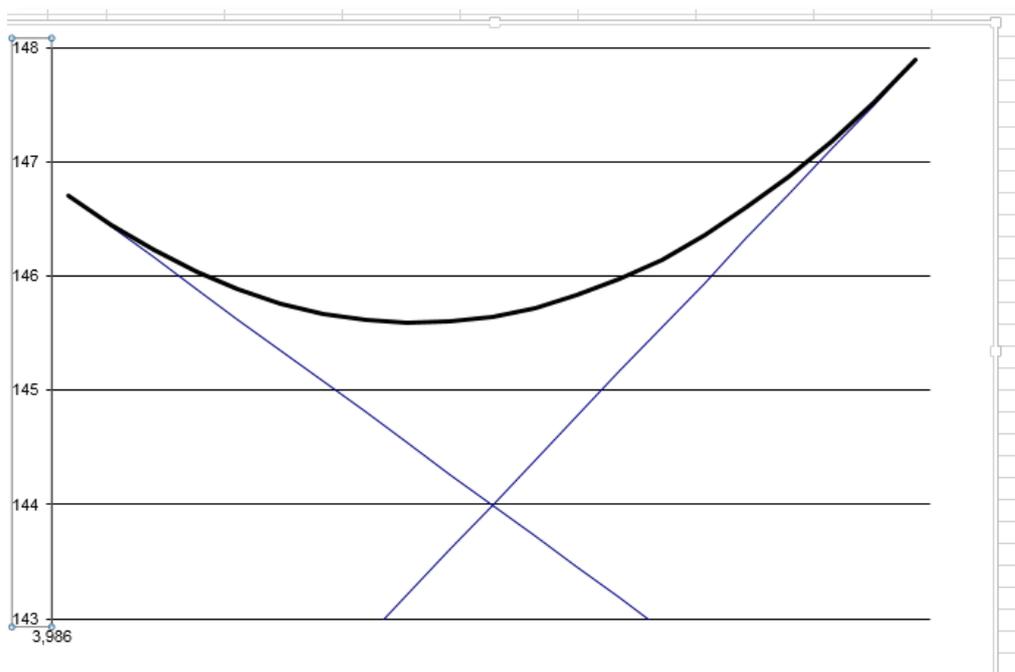
- Pendiente 1 (i_1): **-6.8%**
- Pendiente 2 (i_2): **9.7%**
- Prolongación intersección (PI): **4028 m**
- Cota Intersección: **144 m**
- Longitud Adoptada: **80 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.068$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.001032$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 1.65 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **3987.6 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **146.7 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4067.6 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **147.9 m**



➤ Curva Vertical (17)

Datos:

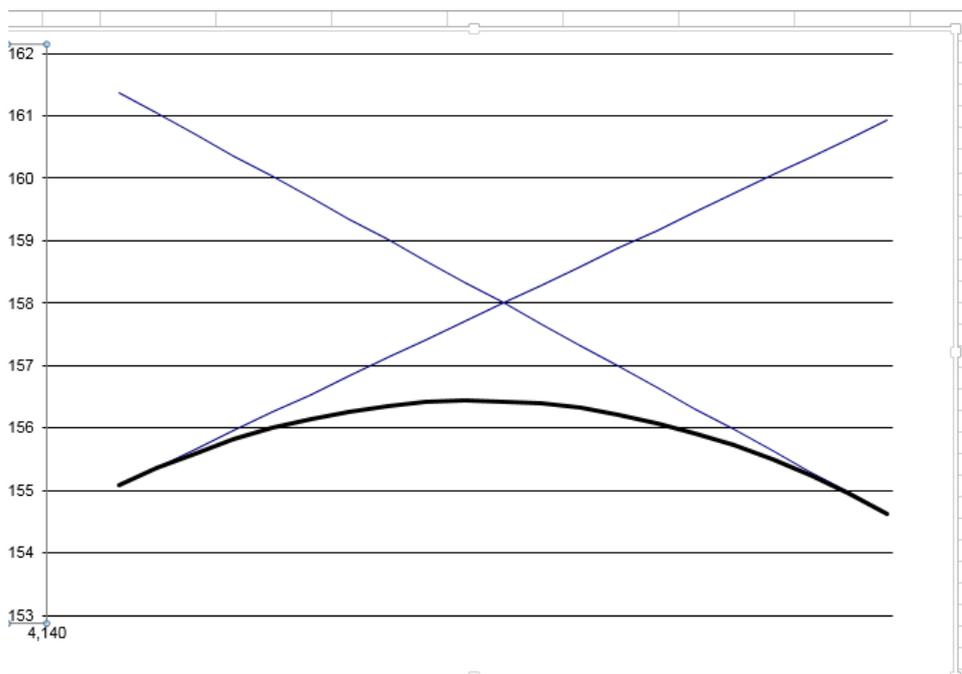
- Pendiente 1 (i_1): **9.7%**
- Pendiente 2 (i_2): **-11.3%**
- Prolongación intersección (PI): **4176 m**
- Cota Intersección: **158 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = 0.097$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.001749$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 1.57 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4145.6 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **155.1 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I + $L/2$: (Prog. Pc) = **4205.6 m**
- Cota = Cota I + $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **154.6 m**



➤ **Curva Vertical (18)**

Datos:

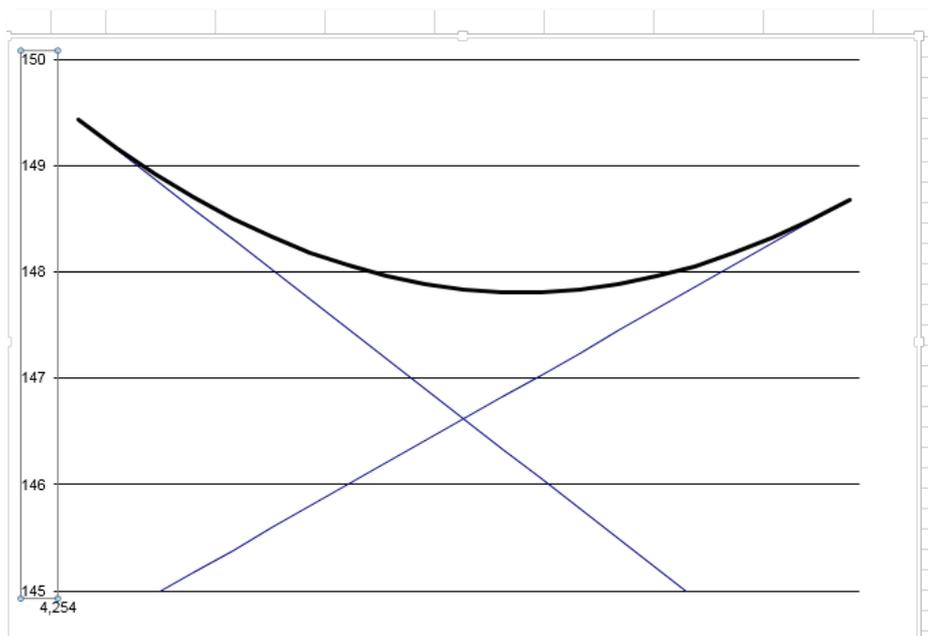
- Pendiente 1 (i_1): **-11.3%**
- Pendiente 2 (i_2): **8.2%**
- Prolongación intersección (PI): **4280 m**
- Cota Intersección: **147 m**
- Longitud Adoptada: **50 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.113$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.001950$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 1.22 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4255.3 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **149.4 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4305.3 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **148.7 m**



➤ Curva Vertical (19)

Datos:

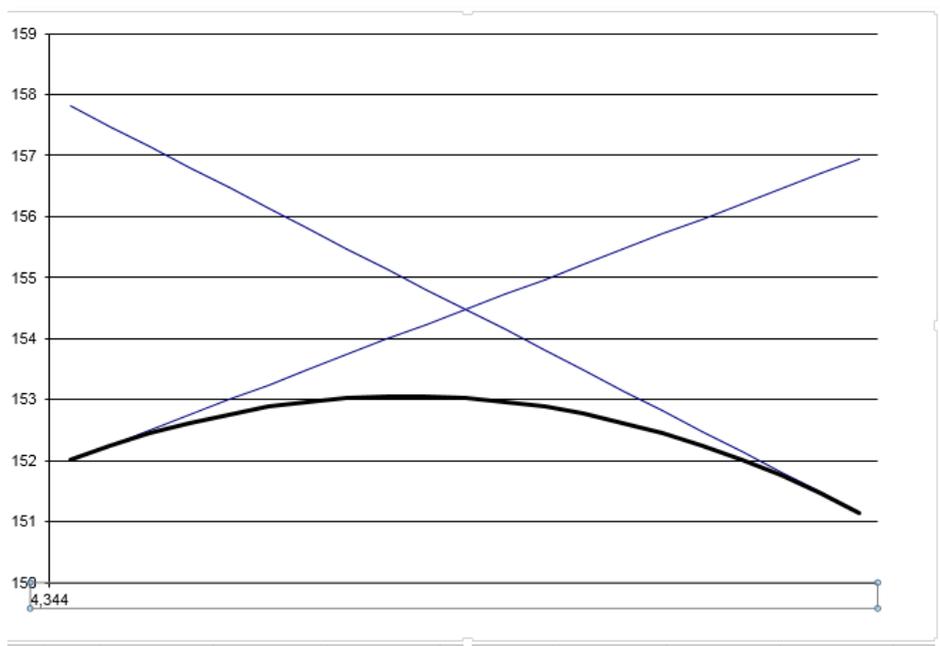
- Pendiente 1 (i_1): **8.2%**
- Pendiente 2 (i_2): **-11.1%**
- Prolongación intersección (PI): **4376 m**
- Cota Intersección: **154 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = 0.082$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.001613$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 1.45 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4345.7 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **152.0 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4405.7 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **151.1 m**



➤ **Curva Vertical (20)**

Datos:

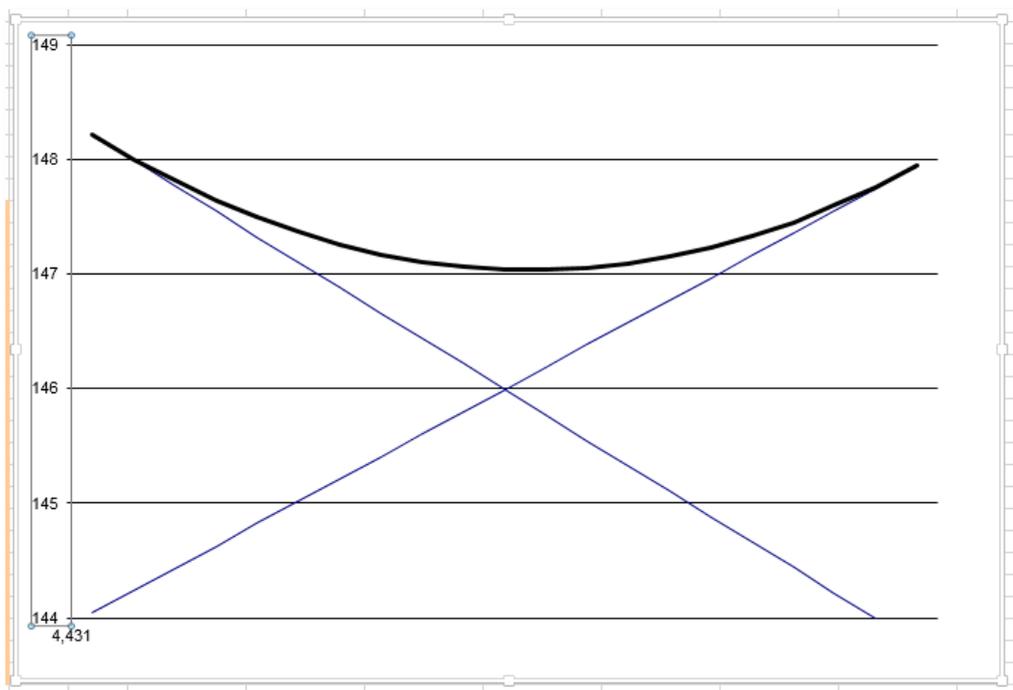
- Pendiente 1 (i_1): **-11.1%**
- Pendiente 2 (i_2): **9.8%**
- Prolongación intersección (PI): **4452 m**
- Cota Intersección: **146 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 x / 100 : (a_1) = -0.111$
- $Y = a_1 X^2 + a_1 X : (a_2) = 0.002609$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 1.04 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4432.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **148.2 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4472.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **147.9 m**



➤ **Curva Vertical (21)**

Datos:

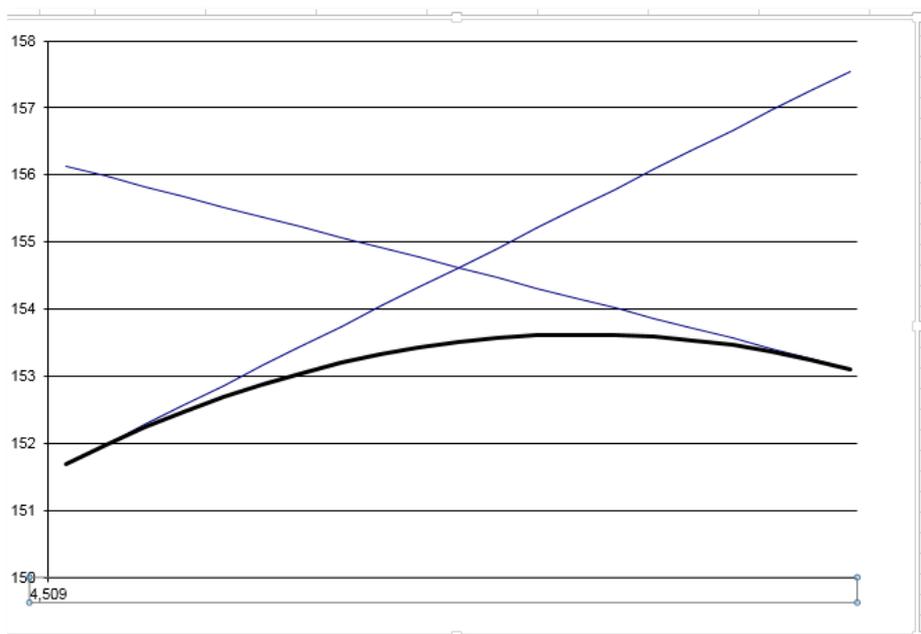
- Pendiente 1 (i_1): **9.8%**
- Pendiente 2 (i_2): **-5.0%**
- Prolongación intersección (PI): **4540 m**
- Cota Intersección: **155 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = \mathbf{0.0098}$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = \mathbf{-0.001232}$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = \mathbf{1.11 m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4510.4 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **151.7 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4570.4 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **153.1 m**



➤ **Curva Vertical (22)**

Datos:

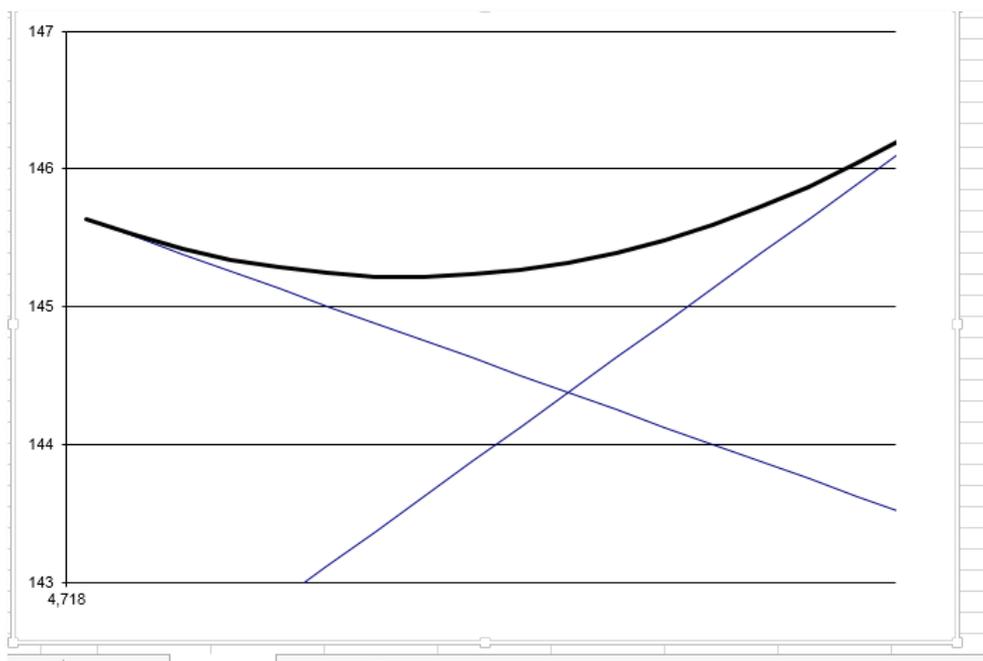
- Pendiente 1 (i_1): **-5.0%**
- Pendiente 2 (i_2): **10.1%**
- Prolongación intersección (PI): **4744 m**
- Cota Intersección: **144 m**
- Longitud Adoptada: **50 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.050$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.001512$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.94 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4719.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **145.6 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4769.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **146.9 m**



➤ Curva Vertical (23)

Datos:

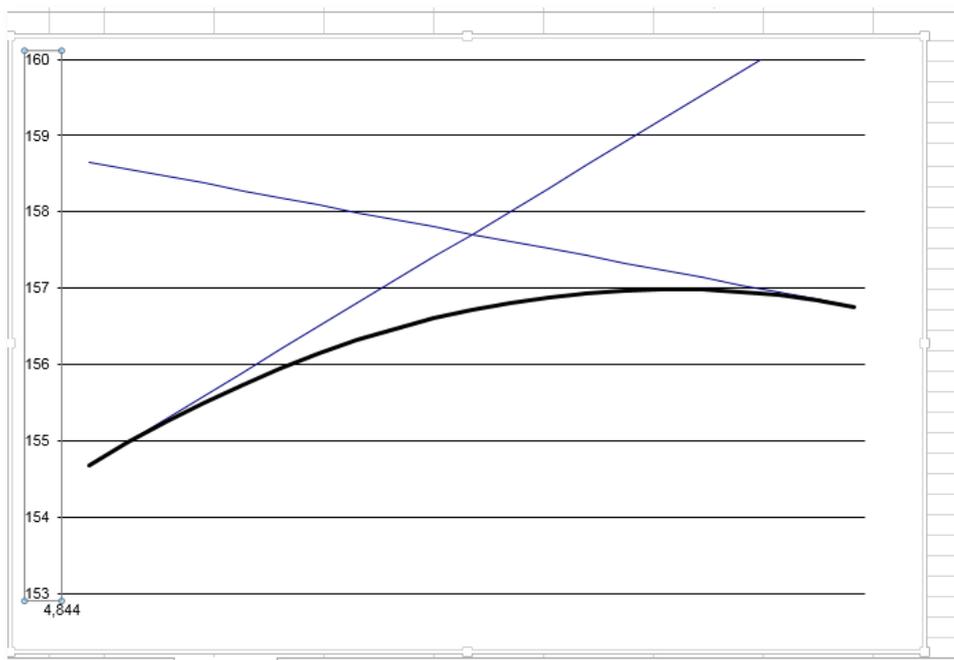
- Pendiente 1 (i_1): **10.1%**
- Pendiente 2 (i_2): **-3.2%**
- Prolongación intersección (PI): **4876 m**
- Cota Intersección: **158 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = 0.101$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.001104$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.99 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4846.2 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **154.7 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4906.2 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **156.8 m**



➤ **Curva Vertical (24)**

Datos:

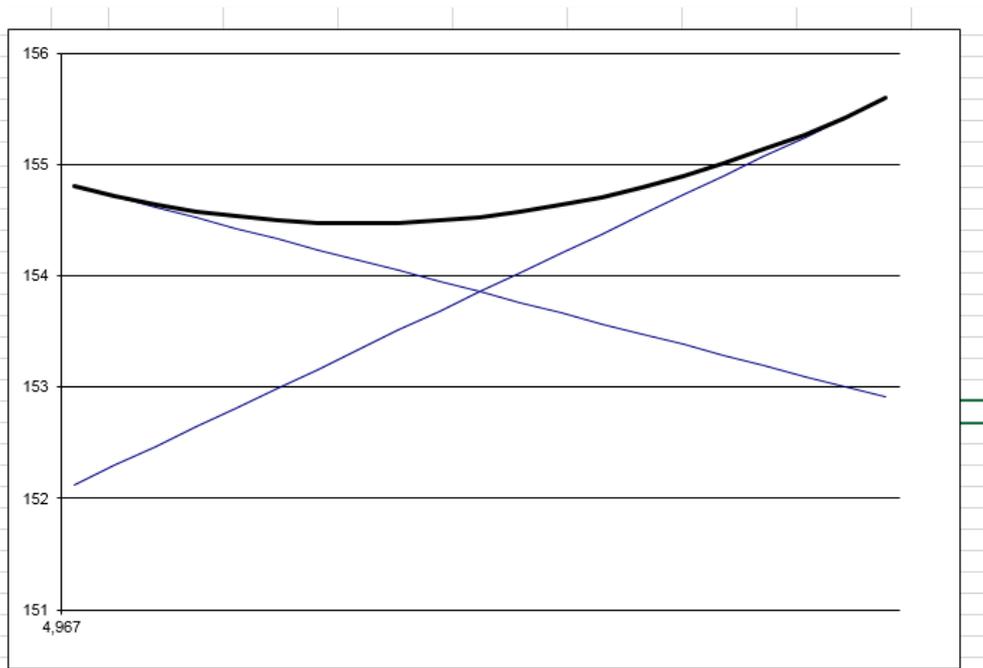
- Pendiente 1 (i_1): **-3.2%**
- Pendiente 2 (i_2): **5.8%**
- Prolongación intersección (PI): **4998 m**
- Cota Intersección: **154 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.032$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.000746$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.67 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **4968.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **154.8 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5028.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **155.6 m**



➤ Curva Vertical (25)

Datos:

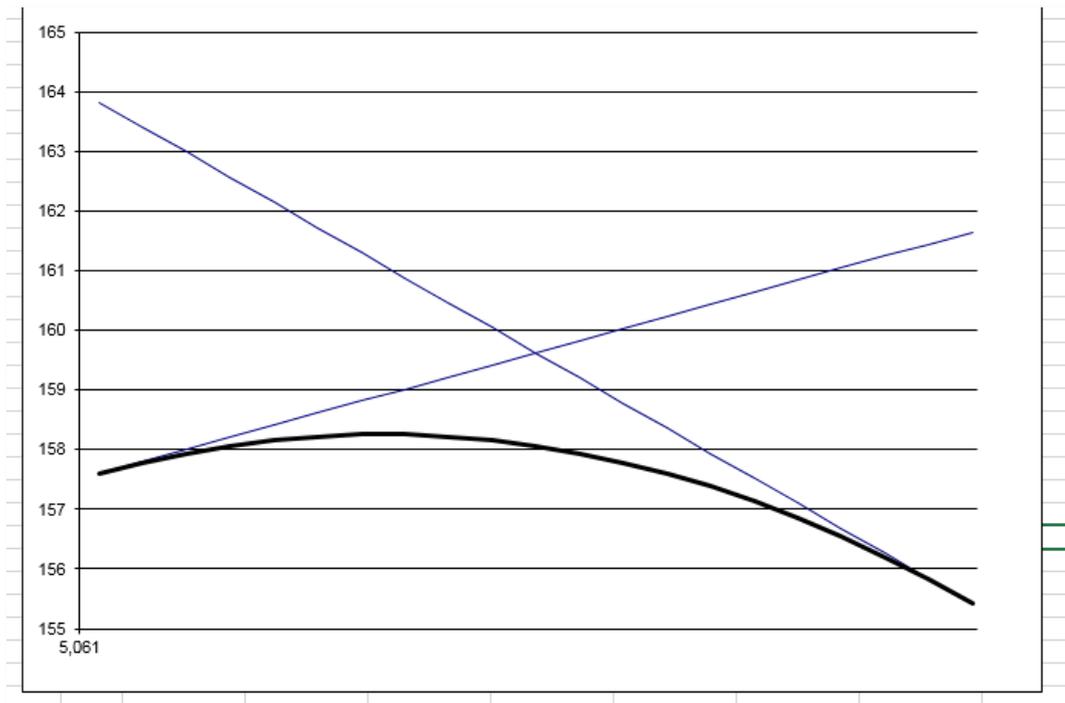
- Pendiente 1 (i_1): **5.8%**
- Pendiente 2 (i_2): **-12.0%**
- Prolongación intersección (PI): **5098 m**
- Cota Intersección: **160 m**
- Longitud Adoptada: **70 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = 0.058$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.001271$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 1.56 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5062.6 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **157.6 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5132.6 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **155.4 m**



➤ **Curva Vertical (26)**

Datos:

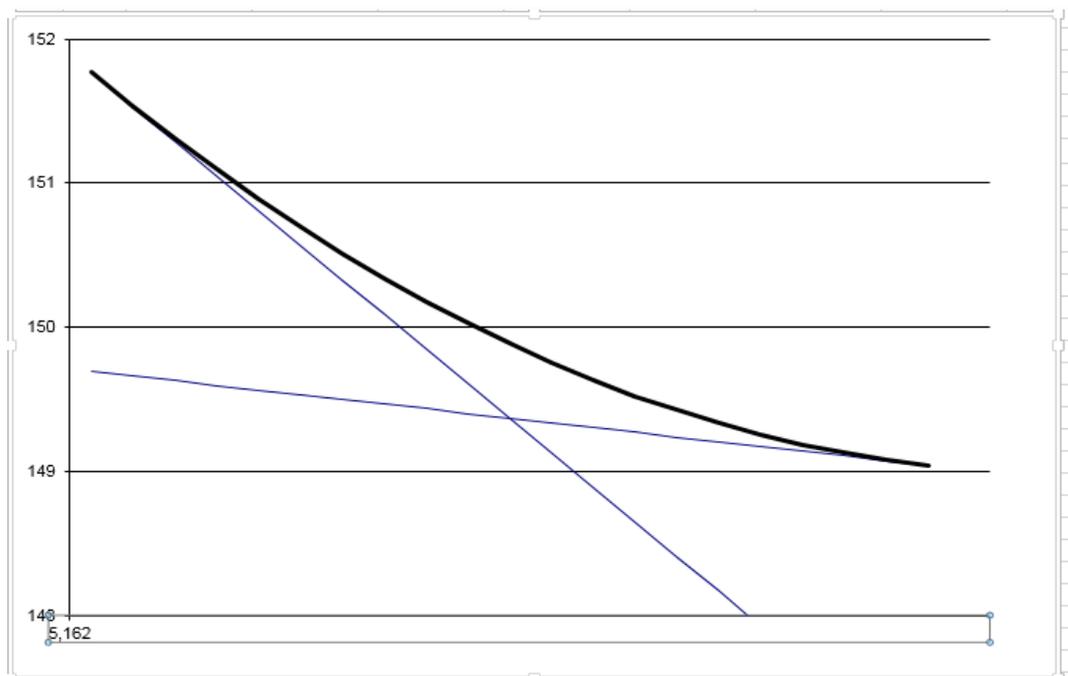
- Pendiente 1 (i_1): **-12%**
- Pendiente 2 (i_2): **-1.6%**
- Prolongación intersección (PI): **5183 m**
- Cota Intersección: **149 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.120$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.001296$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.52 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5163.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **151.8 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5203.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **149.0 m**



➤ **Curva Vertical (27)**

Datos:

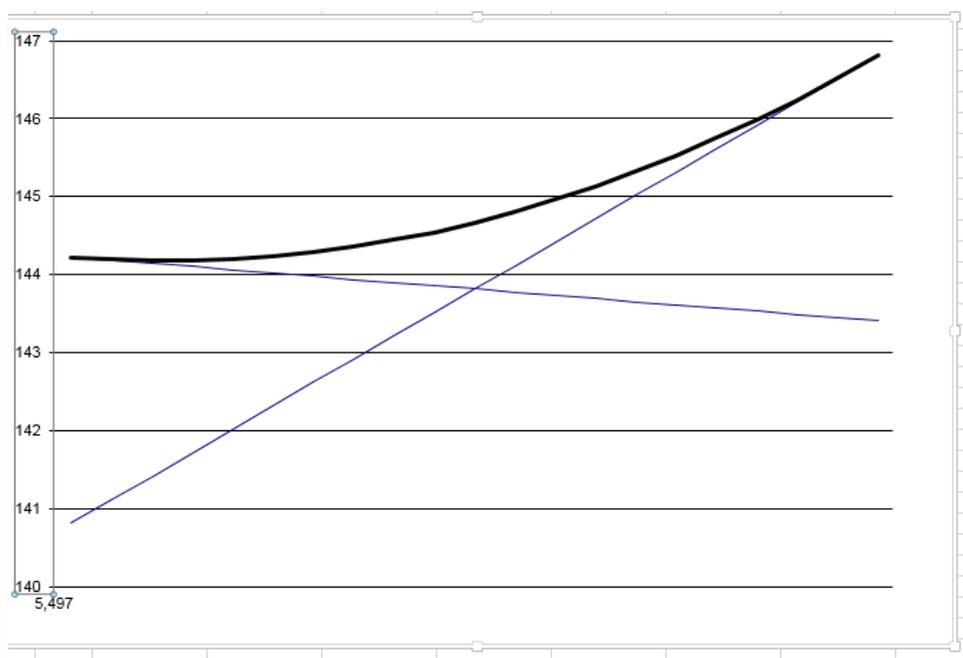
- Pendiente 1 (i_1): **-1.6%**
- Pendiente 2 (i_2): **12.0%**
- Prolongación intersección (PI): **5523 m**
- Cota Intersección: **144 m**
- Longitud Adoptada: **50 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200L + i_1x / 100 : (a_1) = -0.016$
- $Y = a_1X^2 + a_2X : (a_2) = 0.001363$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.88 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5498.1 m**
 - Cota = Cota I - $i_1L/2$: (Cota Pc) = **144.2 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5548.1 m**
 - Cota = Cota I - $i_2L/2$: (Cota Pc) = **146.8 m**



➤ **Curva Vertical (28)**

Datos:

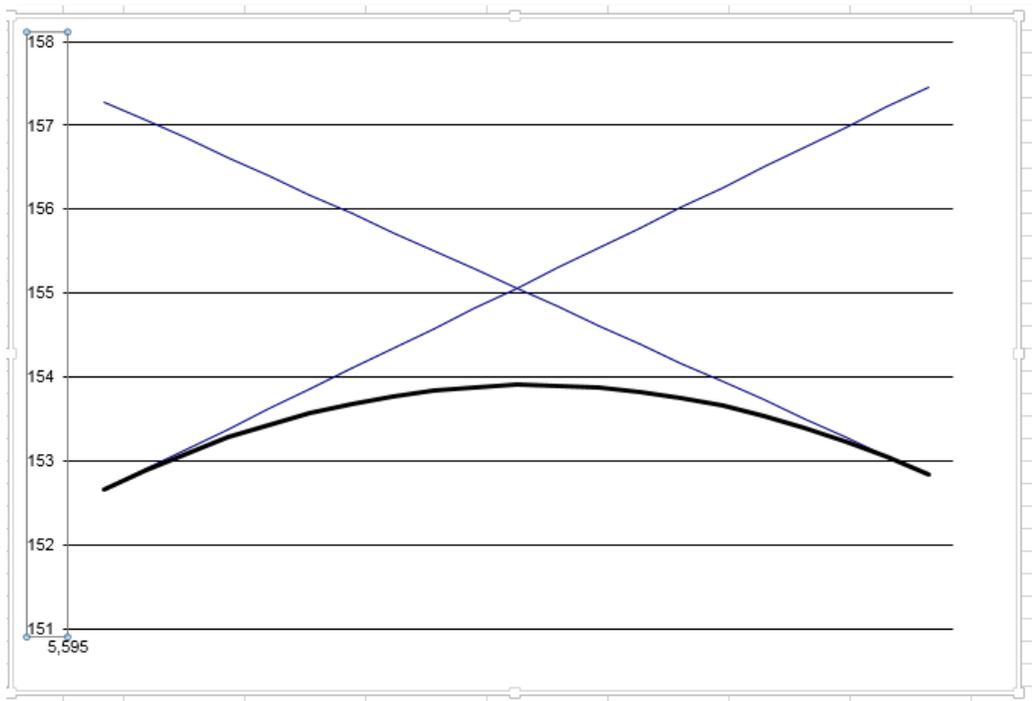
- Pendiente 1 (i_1): **12.0%**
- Pendiente 2 (i_2): **-11.1%**
- Prolongación intersección (PI): **5617 m**
- Cota Intersección: **155 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 x / 100 : (a_1) = \mathbf{0.120}$
- $Y = a_1 X^2 + a_1 X : (a_2) = \mathbf{-0.002891}$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = \mathbf{1.16 m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5596.8 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **152.7 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5636.8 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **152.8 m**



➤ **Curva Vertical (29)**

Datos:

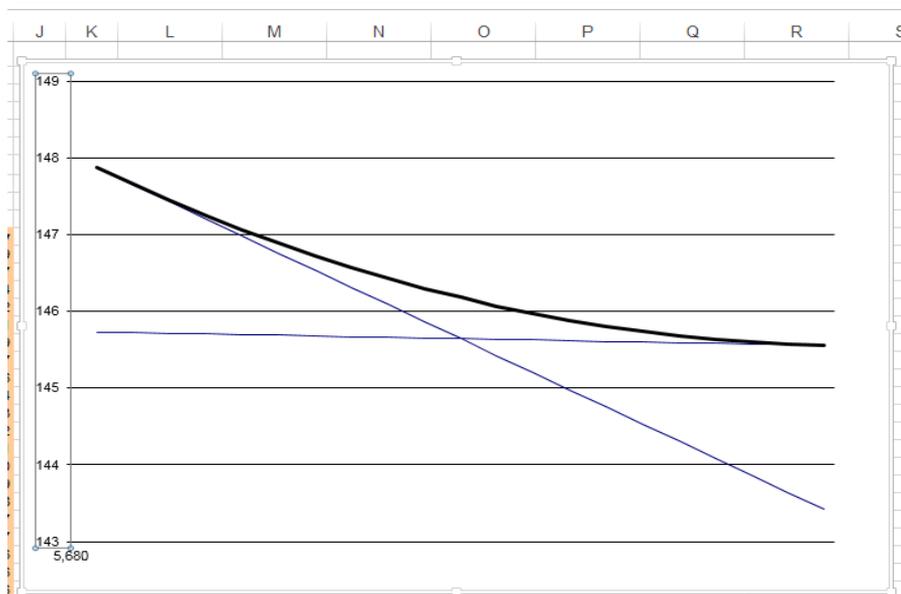
- Pendiente 1 (i_1): **-11.1%**
- Pendiente 2 (i_2): **-0.4%**
- Prolongación intersección (PI): **5701 m**
- Cota Intersección: **146 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.111$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.001336$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.53 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5681.4 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **147.9 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5721.4 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **145.6 m**



➤ Curva Vertical (30)

Datos:

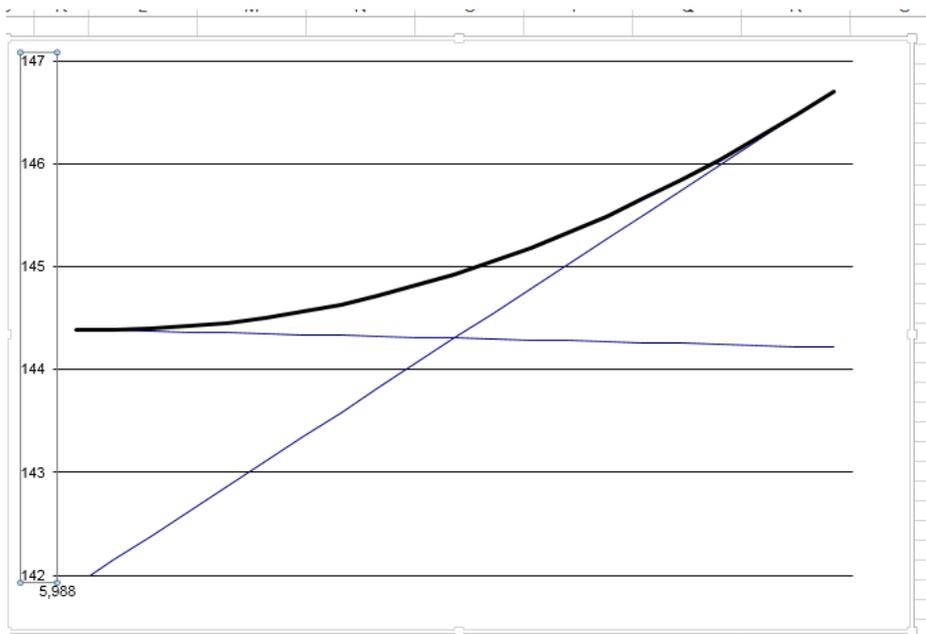
- Pendiente 1 (i_1): **-0.4%**
- Pendiente 2 (i_2): **12.0%**
- Prolongación intersección (PI): **6009 m**
- Cota Intersección: **144 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.064$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.001555$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.62 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **5989.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **144.4 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6029.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **146.7 m**



➤ **Curva Vertical (31)**

Datos:

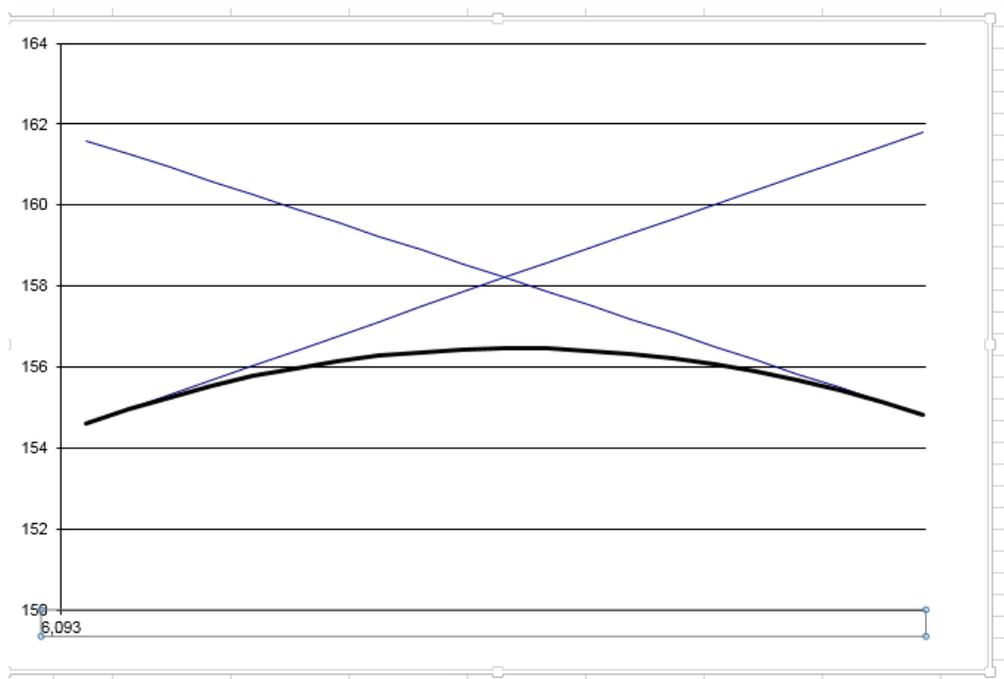
- Pendiente 1 (i_1): **12%**
- Pendiente 2 (i_2): **-11.3%**
- Prolongación intersección (PI): **6125 m**
- Cota Intersección: **158 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = \mathbf{0.120}$
- $Y = a_1 X^2 + a_1 X : (a_2) = \mathbf{-0.001943}$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = \mathbf{1.75 m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6094.8 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **154.6 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6154.8 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **154.8 m**



➤ **Curva Vertical (32)**

Datos:

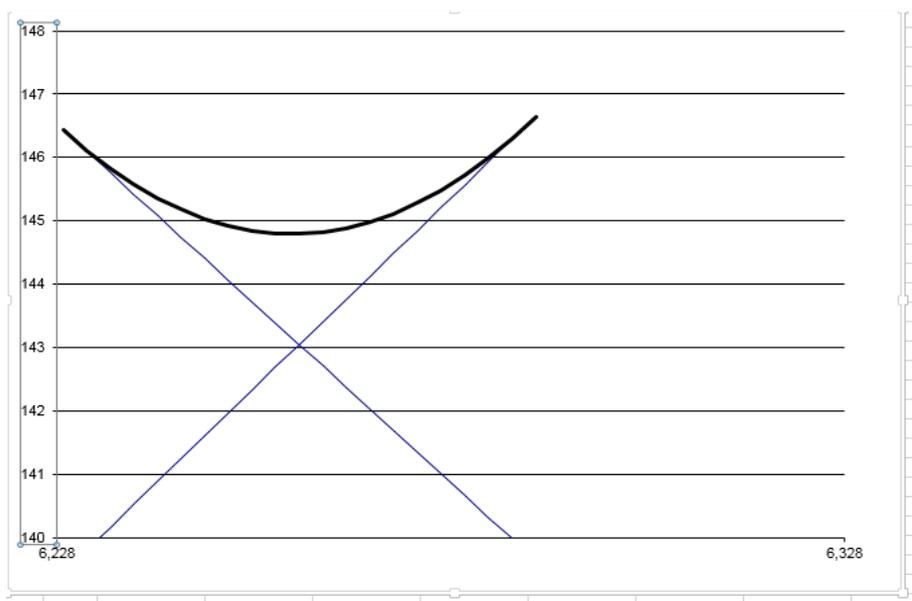
- Pendiente 1 (i_1): **-11.3%**
- Pendiente 2 (i_2): **12.0%**
- Prolongación intersección (PI): **6259 m**
- Cota Intersección: **143 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.113$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.001943$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 1.75 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6228.8 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **146.4 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6288.8 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **146.6 m**



➤ **Curva Vertical (33)**

Datos:

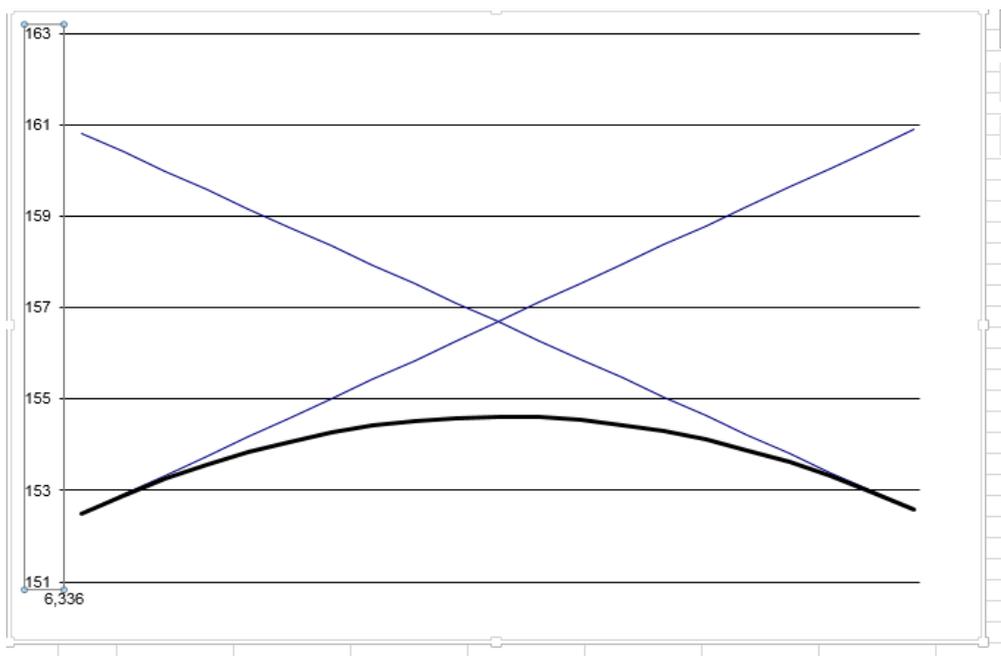
- Pendiente 1 (i_1): **12.0%**
- Pendiente 2 (i_2): **-11.8%**
- Prolongación intersección (PI): **6373 m**
- Cota Intersección: **157 m**
- Longitud Adoptada: **70 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = 0.120$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.001698$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 2.08 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6337.5 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **152.5 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6407.5 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **152.6 m**



➤ **Curva Vertical (34)**

Datos:

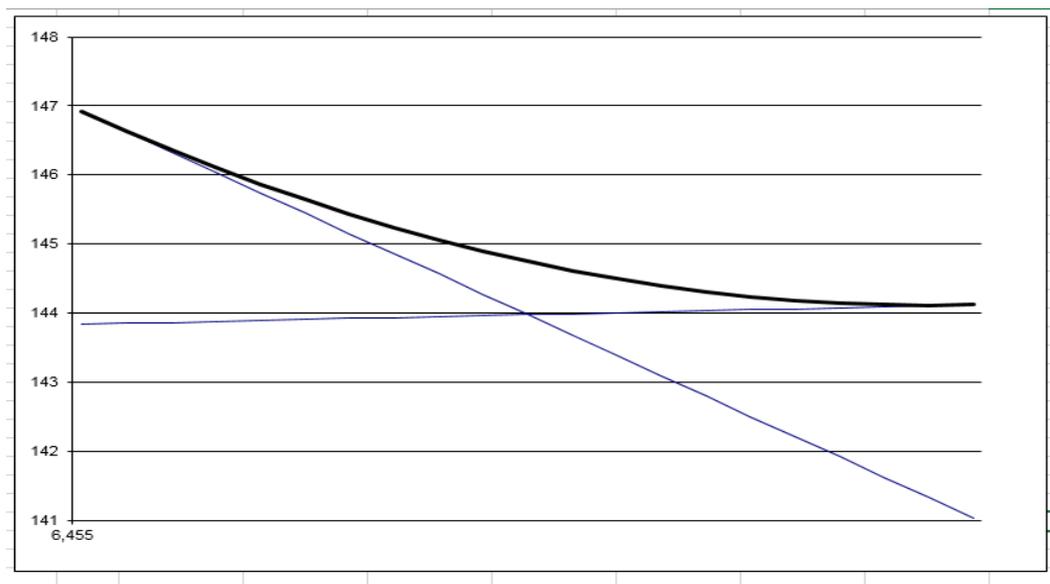
- Pendiente 1 (i_1): **-11.8%**
- Pendiente 2 (i_2): **0.6%**
- Prolongación intersección (PI): **6481 m**
- Cota Intersección: **144 m**
- Longitud Adoptada: **50 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.118$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.001294$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.77 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6455.5 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **146.5 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6505.5 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **144.1 m**



➤ **Curva Vertical (35)**

Datos:

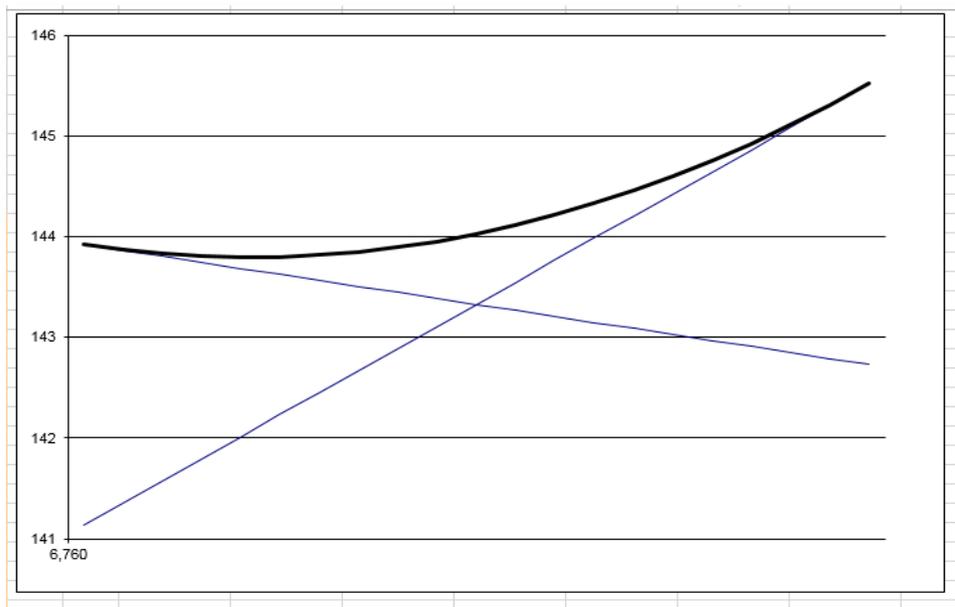
- Pendiente 1 (i_1): **-2.4%**
- Pendiente 2 (i_2): **8.8%**
- Prolongación intersección (PI): **6786 m**
- Cota Intersección: **143 m**
- Longitud Adoptada: **50 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.024$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.001116$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.70 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6761.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **143.9 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6811.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **145.5 m**



➤ **Curva Vertical (36)**

Datos:

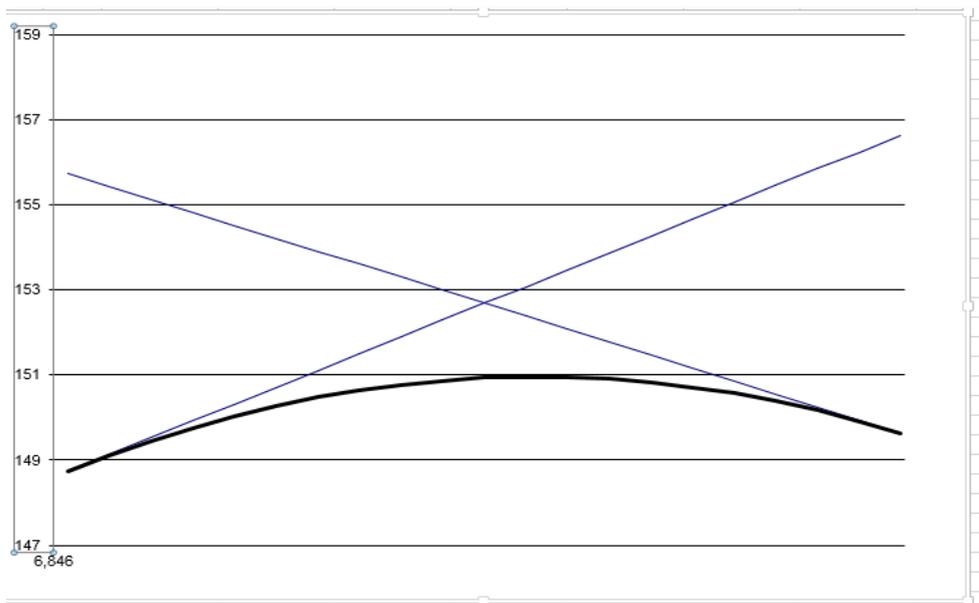
- Pendiente 1 (i_1): **8.8%**
- Pendiente 2 (i_2): **-6.8%**
- Prolongación intersección (PI): **6893 m**
- Cota Intersección: **153 m**
- Longitud Adoptada: **90 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = 0.088$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.000865$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 1.75 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6847.6 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **148.7 m**
- **Fc Fin Curva**
- Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **6937.6 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **149.6 m**



➤ **Curva Vertical (37)**

Datos:

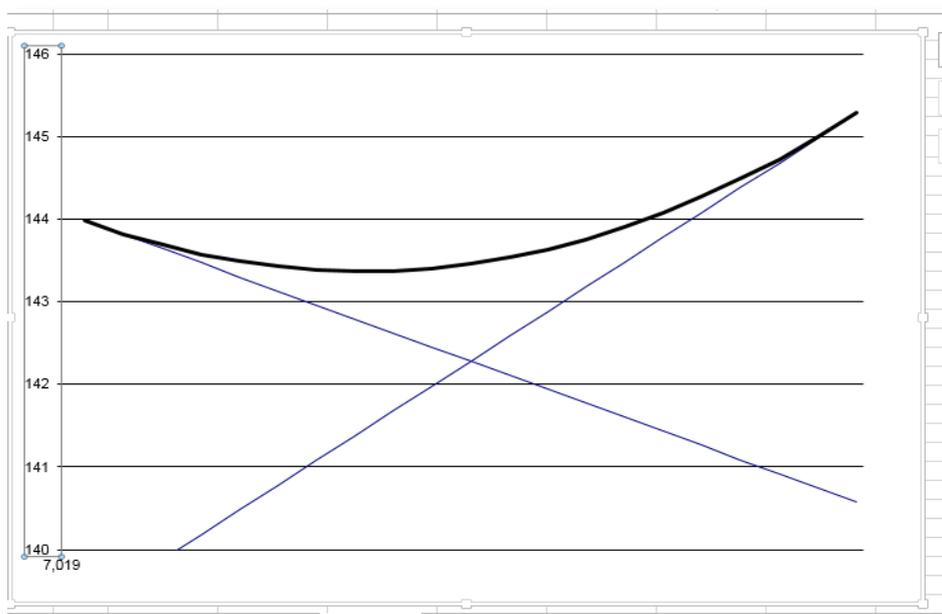
- Pendiente 1 (i_1): **-6.8%**
- Pendiente 2 (i_2): **12.0%**
- Prolongación intersección (PI): **7046 m**
- Cota Intersección: **142 m**
- Longitud Adoptada: **50 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.068$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.001880$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 1.17 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7020.5 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **144.0 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7070.5 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **145.3 m**



➤ **Curva Vertical (38)**

Datos:

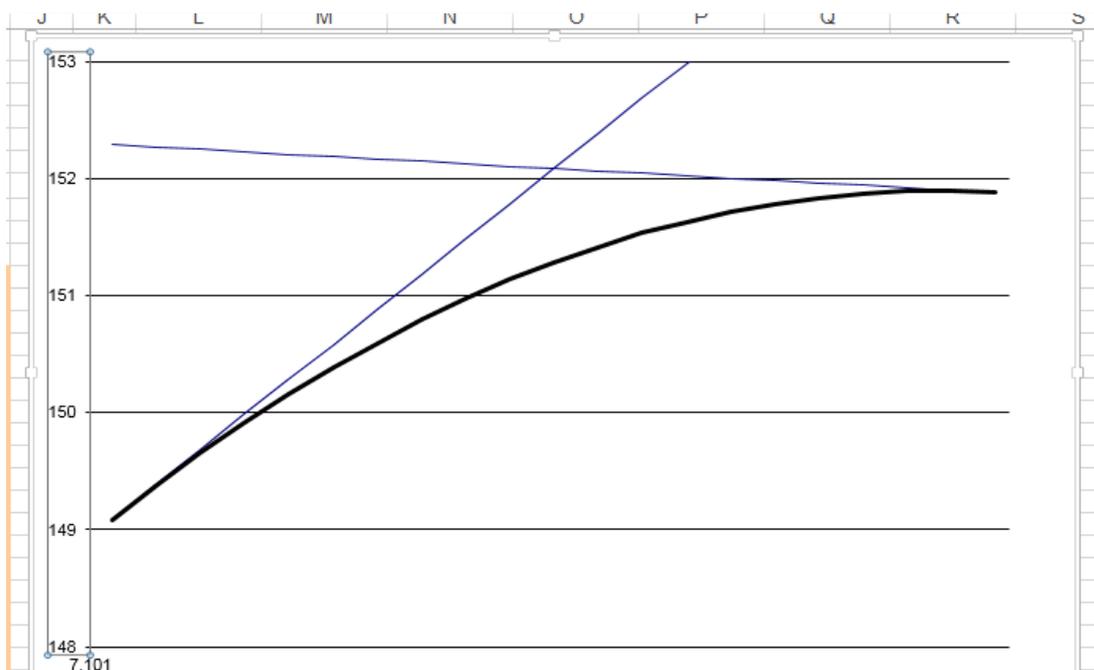
- Pendiente 1 (i_1): **12.0%**
- Pendiente 2 (i_2): **-0.8%**
- Prolongación intersección (PI): **7127 m**
- Cota Intersección: **152 m**
- Longitud Adoptada: **50 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 x / 100 : (a_1) = \mathbf{0.120}$
- $Y = a_1 X^2 + a_1 X : (a_2) = \mathbf{-0.001282}$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = \mathbf{0.80 m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7102.2 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **149.1 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7152.2 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **151.9 m**



➤ **Curva Vertical (39)**

Datos:

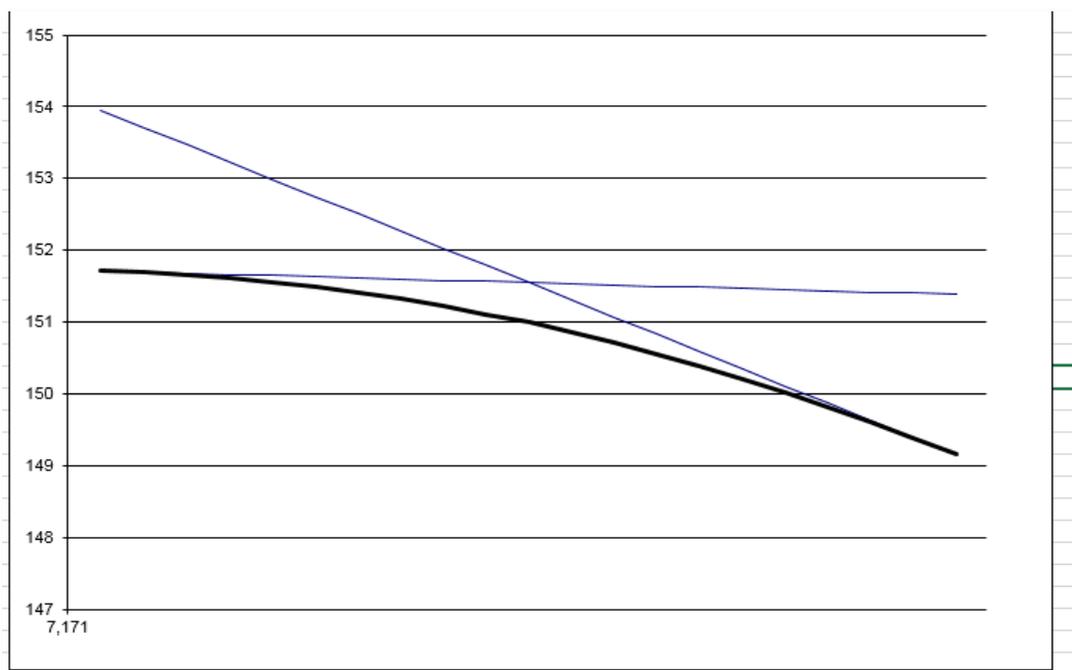
- Pendiente 1 (i_1): **-0.8%**
- Pendiente 2 (i_2): **-12.0%**
- Prolongación intersección (PI): **7193 m**
- Cota Intersección: **152 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.008$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = -0.001398$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.56 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7152.6 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **151.7 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7212.6 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **149.1 m**



➤ **Curva Vertical (40)**

Datos:

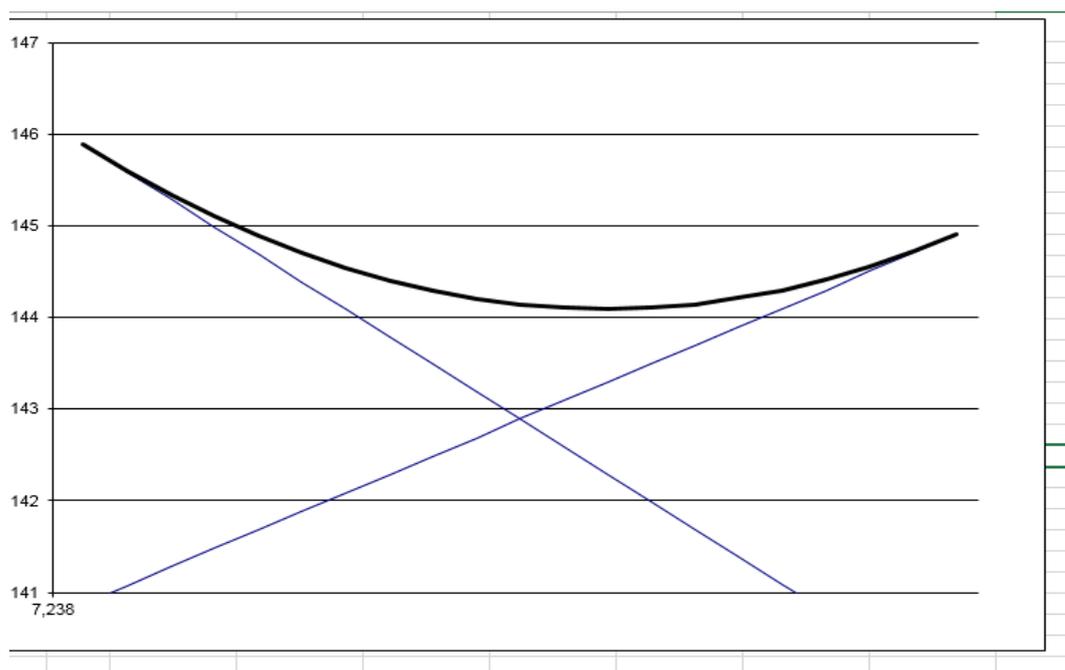
- Pendiente 1 (i_1): **-12.0%**
- Pendiente 2 (i_2): **8.1%**
- Prolongación intersección (PI): **7265 m**
- Cota Intersección: **143 m**
- Longitud Adoptada: **50 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 x / 100 : (a_1) = -0.120$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.002006$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 1.25 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7239.8 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **145.9 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7289.8 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **144.9 m**



➤ **Curva Vertical (41)**

Datos:

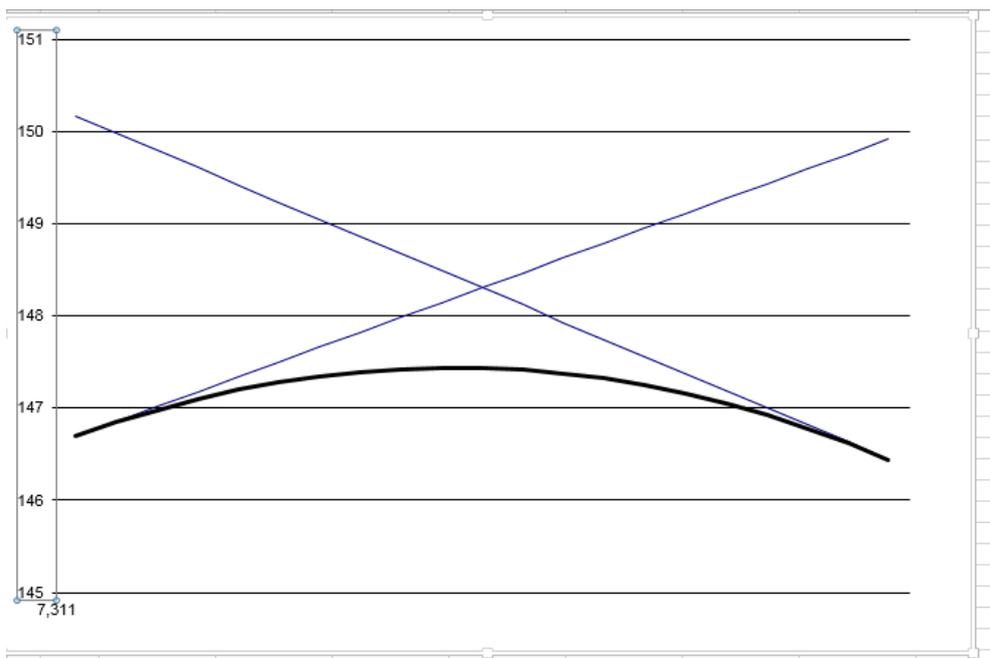
- Pendiente 1 (i_1): **8.1%**
- Pendiente 2 (i_2): **-9.3%**
- Prolongación intersección (PI): **7332 m**
- Cota Intersección: **148 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = \mathbf{0.081}$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = \mathbf{-0.002170}$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = \mathbf{0.87 m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7312.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **146.7 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7352.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **146.4 m**



➤ **Curva Vertical (42)**

Datos:

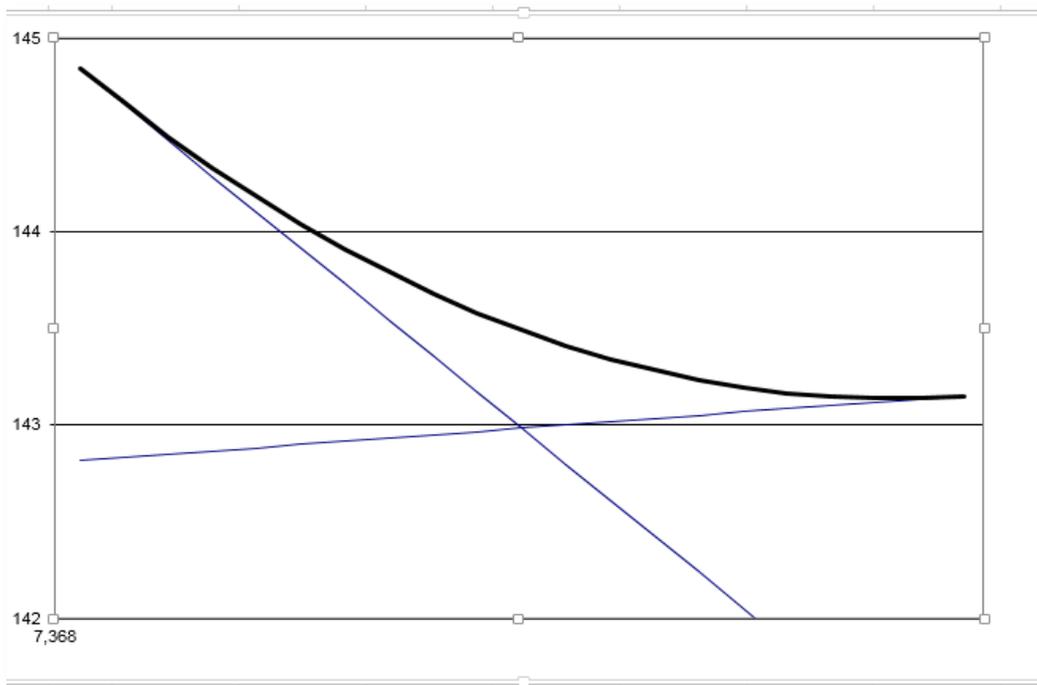
- Pendiente 1 (i_1): **-9.3%**
- Pendiente 2 (i_2): **0.8%**
- Prolongación intersección (PI): **7389 m**
- Cota Intersección: **143 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.093$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = 0.001268$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.51 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7369.1 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **144.8 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7409.1 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **143.2 m**



➤ **Curva Vertical (43)**

Datos:

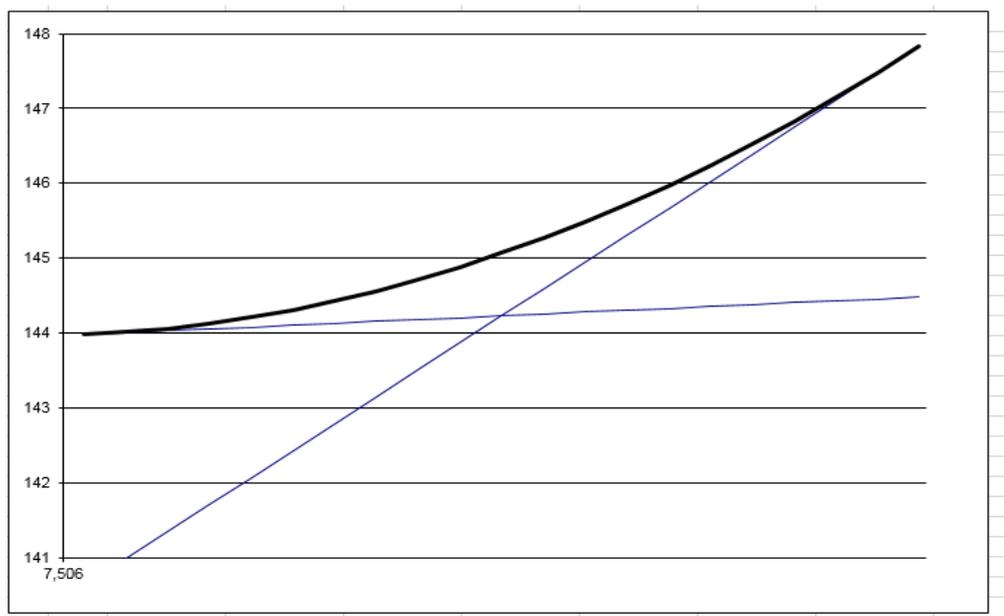
- Pendiente 1 (i_1): **0.8%**
- Pendiente 2 (i_2): **12%**
- Prolongación intersección (PI): **7538 m**
- Cota Intersección: **144 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = \mathbf{0.008}$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = \mathbf{0.000930}$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = \mathbf{0.84 m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7507.5 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **144.0 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7567.5 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **147.8 m**



➤ **Curva Vertical (44)**

Datos:

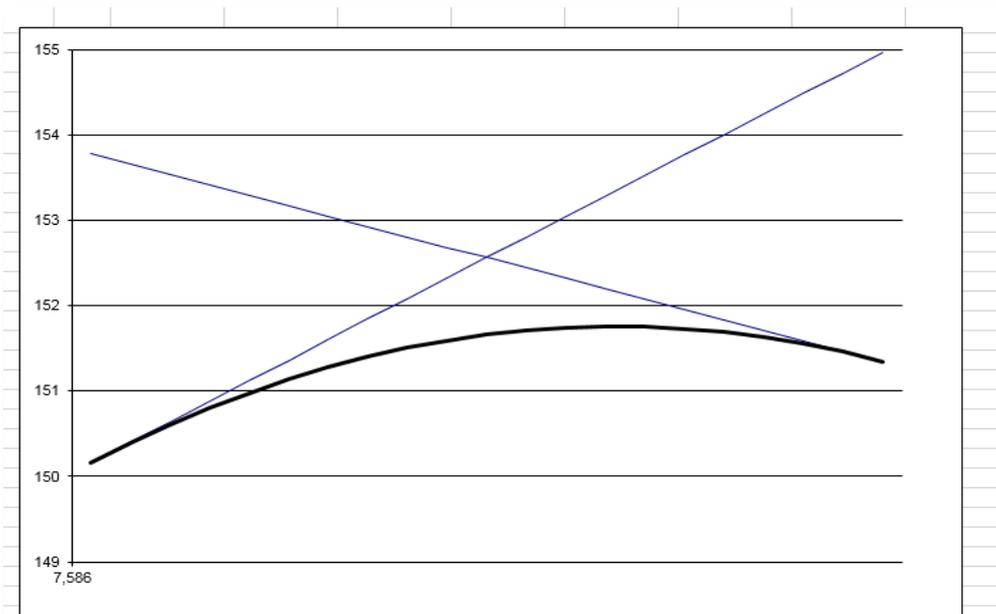
- Pendiente 1 (i_1): **12.0%**
- Pendiente 2 (i_2): **-6.1%**
- Prolongación intersección (PI): **7607 m**
- Cota Intersección: **153 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = \mathbf{0.120}$
- $Y = a_1 X^2 + a_2 X : (a_2) = \mathbf{-0.002260}$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = \mathbf{0.90 m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7587.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **150.2 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7627.0 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **151.3 m**



➤ **Curva Vertical (45)**

Datos:

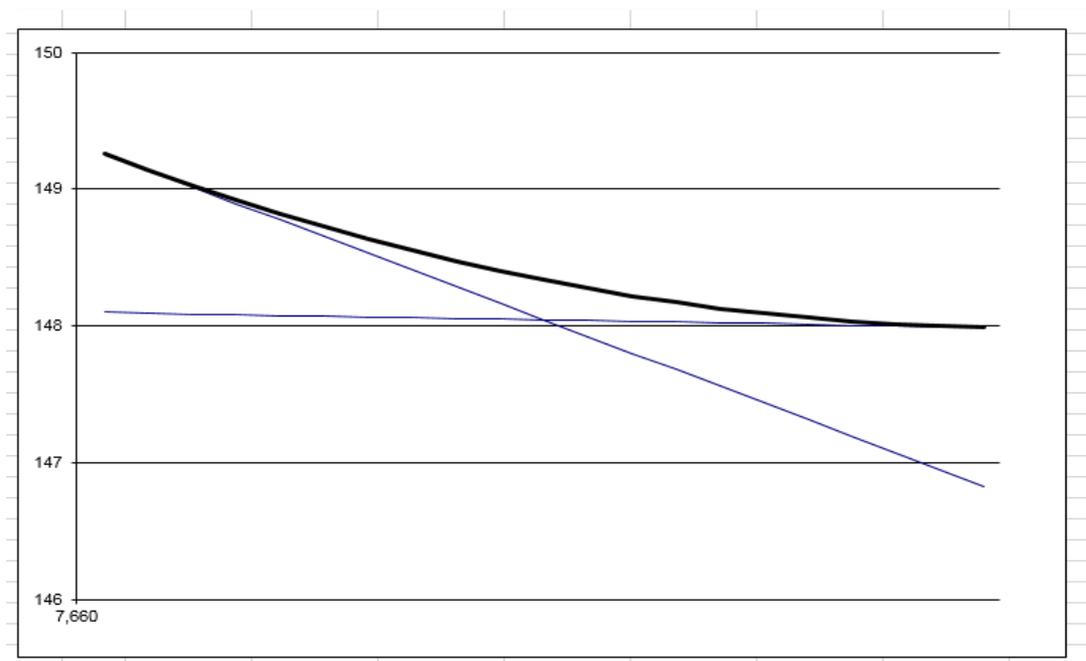
- Pendiente 1 (i_1): **-6.1%**
- Pendiente 2 (i_2): **-0.3%**
- Prolongación intersección (PI): **7681 m**
- Cota Intersección: **148 m**
- Longitud Adoptada: **40 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.061$
- $Y = a_1 X^2 + a_1 X : (a_2) = 0.000726$

Resultados:

- **Externa**
 - $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.29 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7661.3 m**
 - Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **149.3 m**
- **Fc Fin Curva**
 - Prolongación = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7701.3 m**
 - Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **148.0 m**



Curva Vertical (46)

Datos:

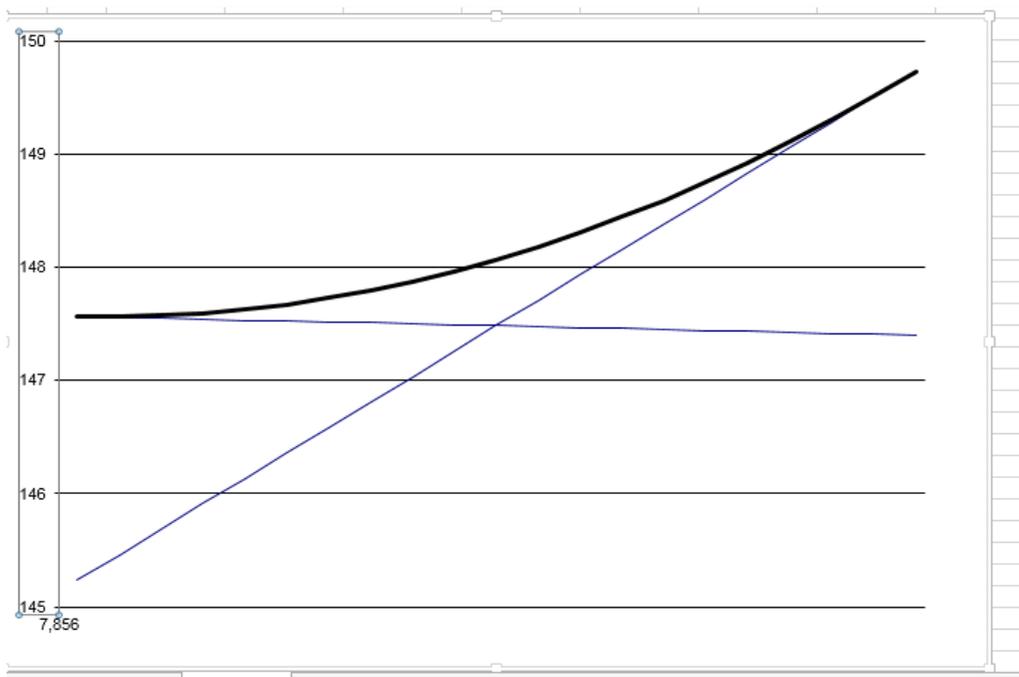
- Pendiente 1 (i_1): **-0.3%**
- Pendiente 2 (i_2): **7.5%**
- Progresiva intersección (PI): **7887 m**
- Cota Intersección: **147 m**
- Longitud Adoptada: **60 m**

Ecuación parabólica:

- $Y = (i_2 - i_1)X^2 / 200 L + i_1 X / 100 : (a_1) = -0.003$
- $Y = a_1 X^2 + a_1 X : (a_2) = 0.000647$

Resultados:

- **Externa**
- $E = \Delta i L / 800 : (E) = 0.58 \text{ m}$
- **Pc Principio Curva**
- Progresiva = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7857.3 m**
- Cota = Cota I - $i_1 L/2$: (Cota Pc) = **147.6 m**
- **Fc Fin Curva**
- Progresiva = Prog. I - $L/2$: (Prog. Pc) = **7917.3 m**
- Cota = Cota I - $i_2 L/2$: (Cota Pc) = **149.7 m**



CUADRO ELEMENTOS DE CURVAS VERTIVALES

Nº PI	CI	P1	P2	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	F.C.
1	143	-0.2	3.2	40	0.17	0 + 111	0 + 090.7	0 + 130.7
2	145	3.2	-0.1	60	0.24	0 + 185	0 + 155.5	0 + 215.15
3	145.182	-0.70	-3.61	40	0.15	0 + 317.9	0 + 237.7	0 + 337.9
4	142	-3.1	-2.7	70	0.50	0 + 142	0 + 381.7	0 + 451.7
5	145	2.7	-0.01	40	0.13	0 + 521	0 + 501	0 + 541

CUADRO ELEMENTOS DE CURVAS VERTIVALES

Nº PI	CI	P1	P2	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	F.C.
6	145	-0.01	-1.6	80	0.16	1 + 308	1 + 267.7	1 + 347.7
7	141	-1.6	1.3	60	0.22	1 + 522	1 + 491.8	1 + 551.8
8	146	1.3	-0.4	100	0.21	1 + 856	1 + 806.1	1 + 906.1

CUADRO ELEMENTOS DE CURVAS VERTIVALES

Nº PI	CI	P1	P2	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	F.C.
9	145	-0.4	4.7	60	0.38	2 + 101	2 + 071.5	2 + 131.5
10	151	4.7	-2.1	70	0.60	2 + 247	2 + 211.6	2 + 281.6
11	142	-2.1	-0.5	100	0.21	2 + 692	2 + 642.5	2 + 742.5
12	145	-0.5	1	100	0.18	2+ 910	2 + 860	2 + 960

CUADRO ELEMENTOS DE CURVAS VERTIVALES

Nº PI	CI	P1	P2	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	F.C.
13	143	1	-0.3	120	0.18	3 + 131	3 + 071	3 + 191
14	142	0.3	-8.1	80	0.83	3 + 388	3 + 648.3	3 + 728.3
15	155	8.1	-6.8	60	1.11	3 + 859	3 + 829.4	3 + 829.4

CUADRO ELEMENTOS DE CURVAS VERTIVALES

Nº PI	CI	P1	P2	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	F.C.
16	144	-6.8	9.7	80	1.65	4 + 028	3 + 987.6	3 + 067.6
17	158	9.7	-11.3	60	1.57	4 + 176	4 + 145.6	4 + 205.6
18	147	-11.3	8.2	50	1.22	4 + 280	4 + 255.3	4 + 305.3
19	154	8.2	-11.1	60	1.45	4 + 376	4 + 345.7	4 + 405.7
20	146	-11.1	9.8	40	1.04	4 + 452	4 + 432	4 + 472
21	155	9.8	-5.0	60	1.11	4 + 540	4 + 510.4	4 + 570.4
22	144	-5.0	10.1	50	0.94	4 + 744	4 + 719	4 + 769
23	158	10.1	-3.2	60	0.99	4 + 876	4 + 846.2	4 + 906.2
24	154	-3.2	5.8	60	0.67	4 + 998	4 + 968.8	5 + 028

CUADRO ELEMENTOS DE CURVAS VERTIVALES

Nº PI	CI	P1	P2	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	F.C.
25	160	5.8	-12	70	1.56	5 + 098	5 + 062.6	5 + 132.6
26	149	-12	-1.6	40	0.52	5 + 183	5 + 163	5 + 203
27	144	-1.6	12	50	0.88	5 + 523	5 + 498.1	5 + 548.1
28	155	12	-11.1	40	1.16	5 + 617	5 + 596.8	5 + 636.8
29	146	-11.1	-0.4	40	0.53	5 + 701	5 + 681.4	5 + 721.4

CUADRO ELEMENTOS DE CURVAS VERTIVALES

Nº PI	CI	P1	P2	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	F.C.
30	144	-0.4	12	40	0.62	6 + 009	5 + 989	6 + 029
31	158	12	-11.3	60	1.75	6 + 125	6 + 094.8	6 + 154.8
32	143	-11.3	12	60	1.75	6 + 259	6 + 228.8	6 + 288.8
33	157	12	-11.8	70	2.08	6 + 373	6 + 337.5	6 + 407.5
34	144	-11.8	0.6	50	0.77	6 + 481	6 + 455.5	6 + 505.5
35	143	-2.4	8.8	50	0.70	6 + 786	6 + 761	6 + 811
36	153	8.8	-6.8	90	1.75	6 + 893	6 + 847.6	6 + 937.6

CUADRO ELEMENTOS DE CURVAS VERTIVALES

Nº PI	CI	P1	P2	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	F.C.
37	142	-6.8	12	50	1.17	7 + 046	7 + 020.5	7 + 070.5
38	152	12	-0.8	50	0.80	7 + 127	7 + 102.2	7 + 152.2
39	152	-0.8	-12	40	0.56	7 + 193	7 + 152.6	7 + 212.6
40	143	-12	8.1	50	1.25	7 + 265	7 + 239.8	7 + 289.8
41	148	8.1	-9.3	40	0.87	7 + 332	7 + 312	7 + 352
42	143	-9.3	0.8	40	0.51	7 + 389	7 + 761	7 + 409.1
43	144	0.8	12	60	0.84	7 + 538	7 + 507.5	7 + 567.5
44	153	12	-6.1	40	0.90	7 + 607	7 + 587	7 + 627
45	148	-6.1	-0.3	40	0.29	7 + 681	7 + 661.3	7 + 701.3
46	147	-0.3	7.5	60	0.58	7 + 887	7 + 857.3	7 + 917.3

4.2. Estudio de mecánica de suelos

4.2.1. Tipos de suelo de la subrasante

En la tabla N° 10, se describen los tipos de suelos encontrados según los estudios de suelos **ANEXO N° 04 Estudio de Mecánica de Suelos** en cada una de las calicatas según la clasificación SUCS y AASHTO

En la exploración del subsuelo o terreno de fundación, se ejecutó un total de 17 calicatas o excavaciones a cielo abierto, ubicadas convenientemente de tal manera de cubrir el área en estudio y determinar su perfil estratigráfico.

4.2.2. Muestreo.

Se tomaron muestras disturbadas representativas de los tipos de suelos encontrados (Mab), en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de laboratorio, de acuerdo al procedimiento recomendado por la Norma A.S.T.M. D 420.

4.2.3. Registro de Excavaciones.

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de cada una de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como espesor, color, olor, condición de humedad, angulosidad, forma, consistencia o compacidad, cementación, reacción al HCl, estructura, tamaño máximo de partículas, etc.; de acuerdo a la Norma A.S.T.M. D 2488.

4.2.4. Preservación y Transporte de Suelos.

Por último, se realizaron las prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos, con destino hacia el laboratorio de la Empresa, para los posteriores ensayos, teniendo en cuenta la Norma A.S.T.M. D 4220.

4.2.5. Trabajos de laboratorio.

Los trabajos en laboratorio incluyeron las siguientes actividades:

Métodos para la reducción de muestras de campo a tamaño de muestras de ensayo, de acuerdo a la Norma A.S.T.M. C 702.

Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo), siguiendo la práctica de la Norma A.S.T.M. C 702.

Clasificación De Suelos Del Terreno De Fundación.

Las muestras ensayadas en Laboratorio se han clasificado de acuerdo a la Norma A.A.S.H.T.O. M 145, Standard Classification of Soils and Soil - Agrégate Mixtures for

Highway Construction Purposes, (Método para la Clasificación de Suelos para Uso en Vías de Transporte).

Tabla 20

Cuadros de Clasificación de suelos

Progresiva (Km.)	00 + 500	01 + 000	01 + 500	02 + 000	02 + 500
Calicata N°	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5
Muestra	M - 2	M - 2	M - 2	M - 2	M - 2
% Que pasa N° 10	99.70	97.60	99.20	99.10	99.70
% Que pasa N° 40	98.80	94.70	94.10	94.10	98.80
% Que pasa N° 200	87.80	77.7	11.40	11.80	87.80
Limite Liquido (%)	46.80	41.8	17.85	17.50	46.80
Índice de Plasticidad	24.3	19.4	2.44	2.09	24.3
Clasificación	A -7-6(15)	A-7-6(12)	A-2-4 (0)	A-2-4	A-7-6 (15)
A.A.S.H.T.O.		(32)		(0)	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21

Cuadro de clasificación de suelos

Progresiva (Km.)	03 + 000	03 + 500	04 + 000	04 + 500	05 + 000
Calicata N°	C - 6	C - 7	C - 8	C - 9	C - 10
Muestra	M - 2	M - 2	M - 2	M - 2	M - 2
% Que pasa N° 10	97.60	99.10	99.70	97.60	98.10
% Que pasa N° 40	94.70	94.10	98.80	94.70	92.20
% Que pasa N° 200	77.70	11.80	87.80	77.70	50.50
Limite Liquido (%)	41.80	17.5	46.80	40	17.50
Índice de Plasticidad	19.4	2.09	24.30	18.30	2.09
Clasificación	A-7-6 (12)	A-2-4 (0)	A-7-6 (15)	A-7-6 (15)	A-4 (3)
A.A.S.H.T.O.					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22*Cuadro de clasificación de suelos*

Progresiva (Km.)	05 + 500	06 + 000	06 + 500	07 + 000	07 + 500
Calicata N°	C - 11	C - 12	C - 13	C - 14	C - 15
Muestra	M - 2	M - 2	M - 2	M - 2	M - 2
% Que pasa N° 10	98.30	97.40	98.30	99.70	97.90
% Que pasa N° 40	93.70	91.10	93.70	98.50	93.40
% Que pasa N° 200	56.70	48.4	36.60	61.40	22.50
Limite Liquido (%)	39.90	17.50	39.90	46.80	39.90
Índice de Plasticidad (%)	18	2.09	18	24.30	18
Clasificación A.A.S.H.T.O.	A-6 (7)	A-4 (2)	A-6(2)	A-7-6 (11)	A-2-6 (1)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23*Cuadro de clasificación de suelos*

Progresiva (Km.)	08 + 000	08 + 600
Calicata N°	C - 16	C - 17
Muestra	M - 2	M - 2
% Que pasa N° 10	97.30	99.70
% Que pasa N° 40	94.40	98.80
% Que pasa N° 200	74.60	83.50
Limite Liquido (%)	41.80	46.80
Índice de Plasticidad (%)	19.40	24.30
Clasificación A.A.S.H.T.O.	A-7-6 (11)	A-7-6 (15)

Fuente: Elaboración Propia

4.2.6. Descripción de los perfiles estratigráficos.

Descripción Del Terreno De Fundación.

En base a los trabajos de exploración de campo, ensayos de laboratorio y al recorrido integral del tramo en estudio, se deduce lo siguiente:

Calicata C - 1 (Km. 00 + 500).

De 0.00 m. a 0.65 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.65 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6(15), de mediana plasticidad, de color rojizo grisaseo, baja resistencia en seco, alta dilatación, nula tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y escasa proporción de arena fina a gruesa (10.14 %), y poca cantidad de gravilla (0.22 %). El estrato se encuentra húmedo; presenta una compresibilidad baja, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

Calicata C - 2 (Km. 01+000).

De 0.00 m. a 0.35 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.35 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (12), de mediana plasticidad, suelo húmedo medianamente compactado, de color rojizo grisaseo, media resistencia en seco, lenta dilatancia, ligera tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y escasa proporción de arena fina a gruesa (3.67 %), y poca cantidad de gravilla (0.39 %). El estrato se encuentra húmedo, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

Calicata C - 3 (Km. 01 + 500).

De 0.00 m. a 0.30 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arena limosa A-2-4 (0), mezcla de arena y limo de color blanquecino, suelo muy húmedo de baja consistencia con cierto porcentaje de grava.

Calicata C - 4 (Km. 02 + 000).

De 0.00 m. a 0.50 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.50 m. a 1.50 m.

Arena limosa A-2-4 (0), mezcla de arena y limo de color blanquecino, suelo muy húmedo de baja consistencia con cierto porcentaje de grava.

Calicata C - 5 (Km. 02 + 500).

De 0.00 m. a 0.30 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación,

tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7- 6(15), de mediana plasticidad, de color rojizo grisaseo, media resistencia en seco, lenta dilatación, ligera tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y escasa proporción de arena fina a gruesa (5.91 %), y poca cantidad de gravilla (1.28 %). El estrato se encuentra húmedo, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

Calicata C - 6 (Km. 03 + 000).

De 0.00 m. a 0.30 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (12), de mediana plasticidad y alta compresibilidad, de color rojizo grisaseo, media resistencia en seco, lenta dilatación, ligera tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y escasa proporción de arena fina a gruesa (1.71 %), y poca cantidad de gravilla (0.18 %). El estrato se encuentra húmedo, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

Calicata C - 7 (Km. 03 + 500).

De 0.00 m. a 0.30 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra

húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arena limosa A-2-4 (0), mezcla de arena y limo de color blanquecino, suelo medianamente húmedo de baja consistencia, con un contenido de humedad al 22.7%, y un índice de fluidez de 3.5.

Calicata C - 8 (Km. 04 + 000).

De 0.00 m. a 0.30 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (15), de baja plasticidad y compresibilidad, de color rojizo grisáceo, alta resistencia en seco, muy lenta dilatación, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y apreciable proporción de arena fina a gruesa (16.04 %), y poca cantidad de gravilla (1.35 %). El estrato se encuentra húmedo, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

Calicata C - 9 (Km. 04 + 500).

De 0.00 m. a 0.40 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.40 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (12), de mediana plasticidad medianamente compacta, de color rojizo grisaseo, media resistencia en seco, muy lenta dilatación, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y apreciable proporción de arena fina a gruesa (13.95 %), y poca cantidad de gravilla (5.27 %). El estrato se encuentra húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

Calicata C - 10 (Km. 05 + 000).

De 0.00 m. a 0.40 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.40 m. a 1.50 m.

Suelo limoso no plástico A-4 (3), El suelo típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz n° 200. También se incluyen en este grupo los suelos constituidos por mezclas de suelo fino limosos y hasta un 64% de gravas y arenas.

Calicata C - 11 (Km. 05 + 500).

De 0.00 m. a 0.30 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-6 (7), El suelo típico de este grupo es un suelo arcilloso plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz n° 200. También se incluyen en este grupo las mezclas de suelo fino arcilloso y hasta un 64% de gravas y arenas.

Estos suelos, experimentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

Calicata C - 12 (Km. 06 + 000).

De 0.00 m. a 0.25 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.25 m. a 1.50 m.

Suelo limoso no plástico A-4 (2), El suelo típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz n° 200. También se incluyen en este grupo los suelos constituidos por mezclas de suelo fino limosos y hasta un 64% de gravas y arenas.

Calicata C - 13 (Km. 06 + 500).

De 0.00 m. a 0.25 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.25 m. a 1.50 m.

Arcilla plástica A-6 (2), El suelo típico de este grupo es un suelo arcilloso plástico, que normalmente tiene un 75% o más de material que pasa por el tamiz n° 200. También se incluyen en este grupo las mezclas de suelo fino arcilloso y hasta un 64% de gravas y arenas. Estos suelos, experimentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

Calicata C - 14 (Km. 07 + 000).**De 0.00 m. a 0.20 m.**

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.20 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (11), de alta plasticidad y compresibilidad, de color rojizo grisaseo, alta resistencia en seco, muy lenta dilatación, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y escasa proporción de arena fina a gruesa (3.28 %), y poca cantidad de gravilla (0.95 %). El estrato se encuentra húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

Calicata C - 15 (Km. 07 + 500).**De 0.00 m. a 0.20 m.**

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.20 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-2-6 (1), En estos subgrupos se incluyen los suelos que contienen un 35% o menos de material que pasa por el tamiz n° 200 y cuya fracción que pasa por el tamiz n° 40 tiene las características de los grupos A-4 y A-5, de suelos limosos.

Calicata C - 16 (Km. 08 + 000).**De 0.00 m. a 0.20 m.**

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra

húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.20 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (11), Se incluyen en este subgrupo los suelos con un índice de plasticidad elevado en relación con el límite líquido y que están sujetos a cambios de volumen muy importantes.

Calicata C - 17 (Km. 08 + 600).

De 0.00 m. a 0.30 m.

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (15), Se incluyen en este subgrupo los suelos con un índice de plasticidad elevado en relación con el límite líquido y que están sujetos a cambios de volumen muy importantes.

4.3.Diseño de Pavimento

El pavimento es la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidos entre la superficie de la subrasante y la superficie de rodadura, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie uniforme de textura apropiada, resistentes a la acción del tráfico, intemperismo y de otros agentes perjudiciales, así mismo transmitir adecuadamente al terreno de fundación los esfuerzos producidos por las cargas del tráfico. En otras palabras, el pavimento es la superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito fluido de los vehículos con la seguridad, confort y economía previstos por el Proyecto.

La estructuración de un pavimento, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrece una variedad de posibilidades de tal manera que puede estar

formado por sólo una capa o varias y a su vez, dichas capas pueden ser de materiales naturales seleccionados, procesados o sometidos a algún tipo de tratamiento o estabilización.

La actual tecnología contempla una gama muy diversa de secciones estructurales, las cuales son función de los distintos factores que intervienen en la performance de una vía y que a decir son: Tráfico, Tipo de Suelo, Importancia de la Vía, Condiciones de Drenaje, Recursos Disponibles, Materiales Disponibles, etc.

4.4. Objetivos

Realizar el diseño de la estructura del pavimento del Proyecto: “DISEÑO GEOMETRICO A NIVEL DE AFIRMADO DEL CAMINO VECINAL LIBERTAD DE CUIPARILLO – GLORIA (L= 8 +000 KM), DISTRITO DE TENIENTE CESAR LOPEZ ROJAS, ALTO AMAZONAS, LORETO”.

4.5. Programa de Trabajo

Se ha efectuado un análisis de los parámetros que se va a medir y se ha establecido acciones que conduzcan a la culminación de los referidos estudios.

Trabajo de Campo.

Recopilación de Información existente (Perfil del Proyecto).

Trabajo de Laboratorio

Evaluación de la Sub rasante existente.

Evaluación de la información recopilada.

4.6. Análisis de tráfico

El estudio de tráfico tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de vehículos que circulan por el tramo del camino vecinal, información indispensable para la determinación de las características de diseño del pavimento, para estos cálculos se ha considerado exclusivamente la acción de los vehículos mayores y en su gran mayoría vehículos menores, dado que el efecto destructivo de los vehículos ligeros se puede considerar prácticamente despreciable.

El estudio determinó el tráfico actual existente en la vía, sus características y proyecciones para el período de vida útil, en número acumulado de repeticiones de carga de ejes equivalentes de 8.2 toneladas, dato necesario para el diseño de la estructura del pavimento.

4.6.1. Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 ton, en el período de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados:

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{día carril}} \times Fca \times 365]$$

Parámetros	Descripción
Nrep de EE 8.2t	Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn
EE_{día-carril}	<p>EE_{día-carril} = Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación:</p> <p>EE_{día-carril} = IMD_{pi} x Fd x Fc x Fvp_i x Fp_i</p> <p>donde:</p> <p>IMD_{pi}: corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i)</p> <p>Fd: Factor Direccional, según Cuadro N°6.1.</p> <p>Fc: Factor Carril de diseño, según Cuadro N°6.1.</p> <p>Fvp_i: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.</p> <p>Fp_i: Factor de Presión de neumáticos, según Cuadro N° 6.13.</p>
Fca	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según cuadro 6.2)
365	Número de días del año
Σ	Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

Figura 14: Ejes equivalentes (FUENTE: Manual de Carreteras MTC- “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”)

Cálculo de los Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo por carril

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times Fd \times Fc \times Fvp_i \times Fp_i$$

$$IMD_{pi} = 3.00 \quad \text{Del CUADRO N° 01}$$

$$Fd = 0.50 \quad \text{Del CUADRO N° 02}$$

F_c	=	1.00	Del CUADRO N° 02
F_{vpi}	=	3.529	Del CUADRO N° 03
F_{pi}	=	1.00	Del CUADRO N° 04

El IMD lo obtenemos del estudio de tráfico, en este caso y a criterio propio se toman los valores del IMD proyectado con la obra ejecutada en el máximo período de diseño que son 10 años y vehículo pesados de 2E.

Tabla 24

Proyección de Tráfico - Con Proyecto

Tipo de Vehículo	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Tráfico Normal	12	12	12	12	12	13	13	13	14	14	15
Automovil	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Camioneta	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8
C.R.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráfico Generado	0	1	2								
Automovil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Camioneta	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C.R.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMD TOTAL	12	13	13	13	13	14	14	14	15	15	17

Fuente: tráfico generado en un proyecto de mejoramiento

Tabla 25

Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de Carreteras MTC - "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos"

En este ejemplo, el peso total del Camión C2 es de 17tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn y el eje posterior simple (E2) 10tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.4 para pavimento rígido, el factor camión C2 es igual a 3.529

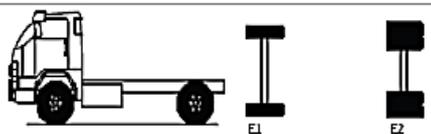
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos								Long. Máxima (m)
C2									12.30
	$EE_{E1} = [P / 6.8]^{4.1}$	$EE_{E2} = [P / 8.2]^{4.1}$							
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Ceiso de Carga (Ton)	7	10							
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple							
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble							Total Factor Camión C2
Peso	7	10							3.529
Factor E.E.	1.273	2.256							

Figura 15: Manual de Carreteras MTC - "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos"

Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi PCN = 0.90x[Presión de Inflado del neumático] (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Figura 16: Manual de Carreteras MTC - “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times Fd \times Fc \times Fvp_i \times Fp_i$$

IMD_{pi}	=	3.00	Del CUADRO N° 01
Fd	=	0.50	Del CUADRO N° 02
Fc	=	1.00	Del CUADRO N° 02
Fvp_i	=	3.529	Del CUADRO N° 03
Fp_i	=	1.00	Del CUADRO N° 04

$$EE_{\text{día-carril}} = 3.00 * 0.50 * 1.00 * 3.529 * 1.00$$

$$EE_{\text{día-carril}} = 5.2935$$

Factor de Crecimiento Acumulado (Fca)

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

r	=	3.8	%	(del estudio de tráfico)
n	=	10	años	(período de diseño)

$$\mathbf{Fca} = \frac{(1+r)^{-1}}{r}$$

$$\mathbf{Fca} = \frac{(1+0.038)^{10-1}}{0.038}$$

$$\mathbf{Fca} = 36.8123$$

$$Nrep\ de\ EE_{8.2\ ton} = \sum [EE_{día\ carril} \times Fca \times 365]$$

$$Nrep\ de\ EE_{8.2\ ton} = \Sigma(5.2935 * 36.8122688380021 * 365)$$

$$Nrep\ de\ EE_{8.2\ ton} = 7.11E+04$$

4.6.2. Evaluación superficial

La evaluación superficial de la vía, se efectuó mediante una inspección visual de la superficie de rodadura, no se utilizó ninguna metodología de evaluación superficial ya que todos los manuales, si bien es cierto se fundamentan en la aplicación de procedimientos modernos para el mantenimiento y rehabilitación, ellos se orientan apavimentos flexibles y/o rígidos, y no para pavimentos a nivel de afirmado y/o sin afirmado, estado en que actualmente se encuentra la vía en estudio.

Sin embargo, algunos términos de relevamiento superficial se han utilizado para identificar el tipo de deterioro de la vía. En base a la evaluación visual realizada, la vía presenta fallas representativas como hundimientos, formación de surcos y erosión en la plataforma de rodadura.

Los deterioros varían de moderados a severos en casi todos los sectores.

4.7. Capacidad de soporte de los suelos de subrasante (cbr)

En base a los resultados de gabinete se determina los valores de la capacidad de soporte de los suelos (CBR), el mismo que para fines de diseño será calculado en base a la metodología de percentiles (Instituto del Asfalto), con la cual se determinará la capacidad de soporte de diseño de los suelos (CBR diseño). El mismo que corresponderá al percentil de 95%.

Tabla 26*Valor de cbr del suelo*

95% DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3)	
C.B.R. (%) :	6.25

Fuente: Elaboración propia

CBR diseño = **6.25 %** (al Percentil 75%)**4.8. Determinación del espesor del pavimento****4.8.1. Metodo naasra (mtc)**

El “Manual Para Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Transito” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, presenta alternativas de diseños en un “Catalogo Estructural De Superficie de Rodadura”, elaborado en base a la metodología NAASRA.

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

$$e = \left[219 - 211 \times \log CBR + 58 \times (\log CBR)^2 \right] \times \log \left(\frac{N_{rep}}{120} \right)$$

Donde:

e : **Espesor de la capa de Afirmado en mm.****CBR** : **Valor del CBR de la Subrasante.****Nrep** : **Número de repeticiones de Ejes Equivalentes para el carril de Diseño.**

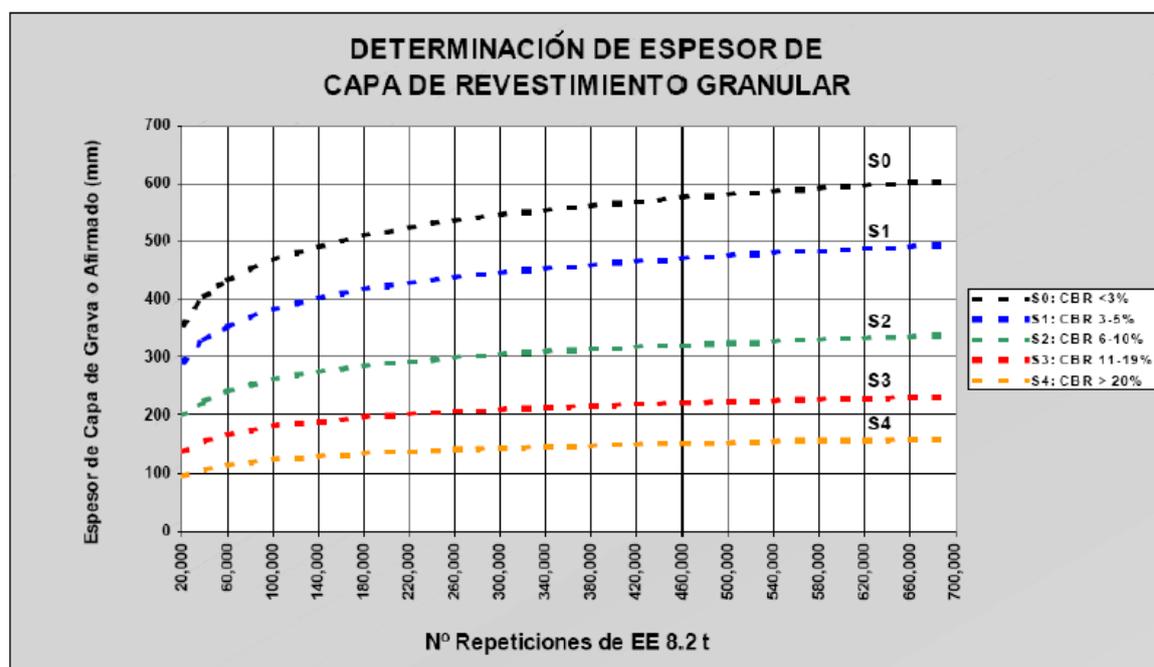


Figura 17: Determinación de espesor (Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método naasra.)

Sin ser una limitación, en el Manual de diseño (MTC) se incluye catálogos de secciones de capas granulares de rodadura, para cada tipo de tráfico y de subrasante, elaborados en función a la ecuación antes indicada.

En nuestro caso tenemos:

$$\text{CBR}_{\text{promedio}} = 6.25$$

$$\text{Nrep.} = 7.11 \times 10^4 \text{ (ejes equivalentes 18 kips)}$$

El espesor encontrado de acuerdo a la fórmula es:

Tabla 27

Estructura del suelo

ESTRUCTURA	TRAMO: CAMINO VECINAL LIBERTAD DE CUIPARILLO – GLORIA (L=8 +000
AFIRMADO	24.35 cm ≈ 25.00 cm

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta espesores de afirmado propuestos en el Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” considerando subrasante con CBR > 6% hasta un CBR > 30%, donde se confirma el cálculo del espesor.

Cuadro 11.1
Resumen

CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES																		
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000
6	200	200	250	250					300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200					250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
8	150	200	200	200					250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200			200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250
10	150	150	200	200	200	200			200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250
11	150	150	150	150	200	200			200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250
12	150	150	150	150	150	200			200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150			200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150			150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
18	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
>30 *	150	150	150	150	150	150			150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

Figura 18: Cuadro de ejes equivalentes

Tomando en cuenta los valores propuestos en el cuadro 11.1 es que se adopta el valor del espesor del afirmado $e = 25$ cm.

4.8.2. Por el catálogo estructural de superficie de rodadura

Se identificarán cinco categorías de subrasante:

- S1 : SUBRASANTE POBRE CBR = 3% - 5%
- **S2 : SUBRASANTE REGULAR CBR = 6 - 10%**
- S3 : SUBRASANTE BUENA CBR = 11 - 19%
- S4 : SUBRASANTE MUY BUENA CBR > 20%

De acuerdo al resultado obtenido del CBR, nos ubicamos en S2: Subrasante Regular CBR=6% - 10%.

Un espesor de 150 mm es el mínimo exigido por el Manual de Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para la capa de afirmado según la categoría de la subrasante.

Verificando en el catálogo de Capas de Revestimiento Granular para la Clase de Tráfico T1 y para una demanda diaria promedio 16 - 50 IMD proyectado, obtenemos un espesor de afirmado de 25 cm. (correspondiente a S2: Subrasante Regular).

CATÁLOGO DE CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR TRÁFICO T1

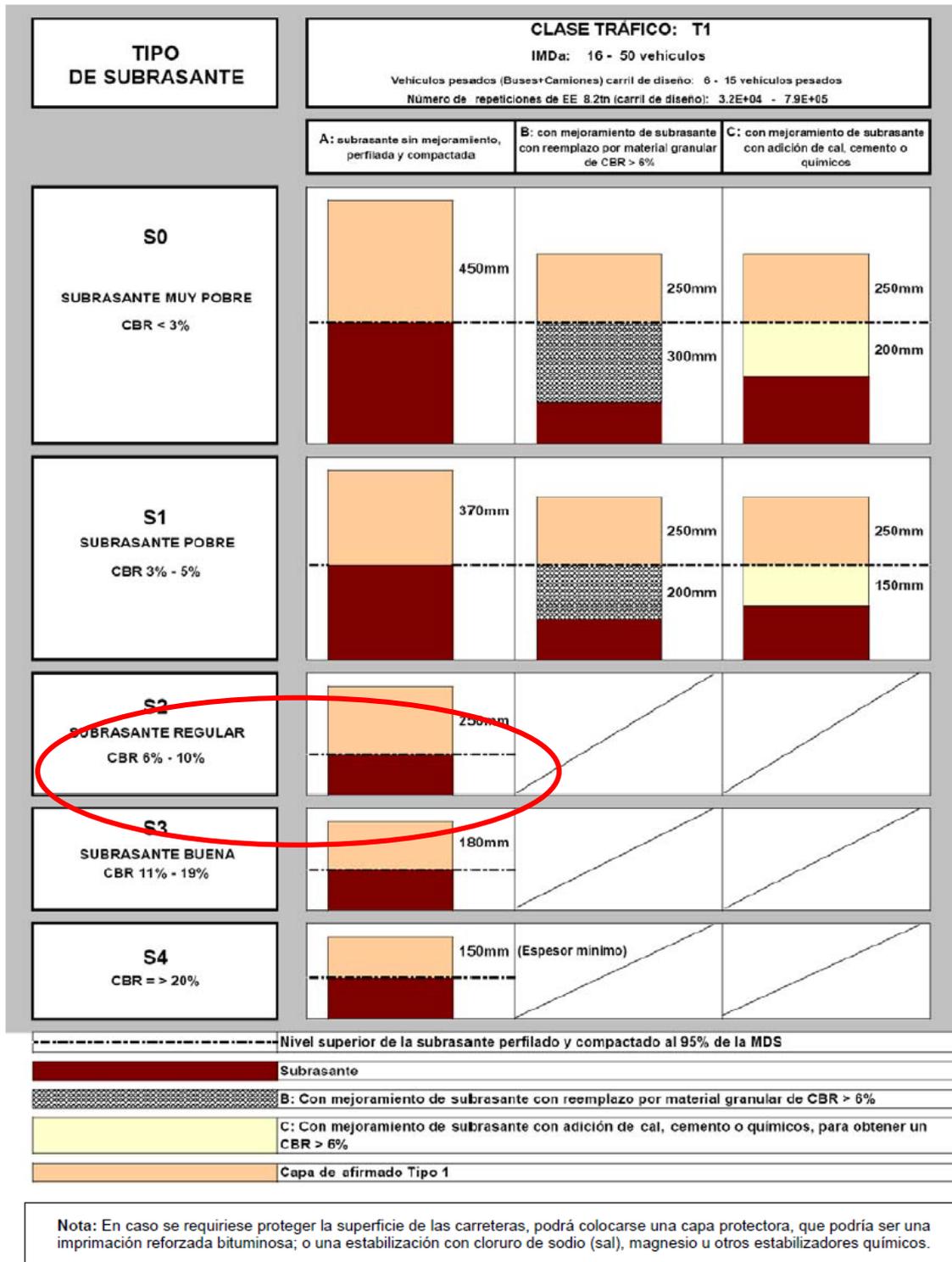


Figura 19: Catálogo de estructuras de pavimento. (Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.)

4.8.3. Resumen de espesores

Tabla 28

Estructura del suelo

ESTRUCTURA	NAASRA (MTC)	CATALOGO ESTRUCTURAL
AFIRMADO	24.35 cm ≈ 25.00 cm	25.00 cm

Fuente: Elaboración propia

Espesor Propuesto

Del valor obtenido con el método de diseño de espesores NAASRA y por el Catálogo de Capas de Revestimiento Granular, se elige el espesor de la estructura de pavimento que se tendrá que colocar para soportar el tráfico previsto sobre la vía para el periodo de diseño, siendo en nuestro caso un mismo espesor para ambos métodos. El espesor del pavimento a nivel de Afirmado será:

Tabla 29

Estructura de suelo

ESTRUCTURA	TRAMO: CAMINO VECINAL LIBERTAD DE CUIPARILLO – GLORIA (L=8 +000 KM)
AFIRMADO	25.0 m

Fuente: Elaboración propia

4.9. Estudio de Drenaje

A lo largo de la vía se han encontrado tres cauces con flujos de agua permanentes, por lo que se consideró diseñar obras de cruce (alcantarilla), sin embargo, se tienen indicios que, en época de lluvia con períodos de retorno considerables, las zonas existentes a lo largo del trazo se activan. 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 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 Sismo resistente en lo que fuere aplicable.

4.9.1. Cunetas y Bombeo

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 30

Dimensiones Mínimas de 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 del Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo

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 0.50x1.00 m con talud 1:1.5 y variable según el talud de reposo de la ladera, sin revestir a lo largo de la carretera.

Para el control del agua de precipitación que cae en la plataforma se contempla la construcción de un bombeo transversal del 2.5%, para las secciones en tangente y de un peralte mínimo de 20%, para las secciones en curva, en la capa de afirmado y sub rasante, con la finalidad de conducir el escurrimiento superficial hacia las cunetas.

Sólo se han proyectado la formación de cunetas en tierra con la finalidad de conducir las aguas del escurrimiento superficial hacia las alcantarillas y/o puntos de descarga.

4.9.2. Cunetas

Las estructuras de drenaje longitudinal denominadas cunetas se instalan con la finalidad de atrapar las aguas de escorrentía superficial en aquellas zonas donde la carretera se desarrolla aledaña a un talud natural y en donde se cuente con disponibilidad de área para atrapar aquellas aguas de escorrentía que inciden directamente sobre la vía. Toda la recolección del agua será conducida hasta las estructuras de evacuación transversal y a su vez hacia el dren natural de la zona. El diseño de las cunetas contempla las siguientes consideraciones climáticas y geométricas:

4.9.2.1. Determinación de la zona húmeda de influencia:

Luego del reconocimiento de campo, revisión de información meteorológica, consulta a los pobladores y del análisis de precipitación, se determinó que la zona presenta una precipitación máxima de 34.20 mm para un tiempo de retorno de 10 años.

4.9.2.2. Bombeo o Pendiente Transversal del Camino Vecinal

Con el fin de facilitar el ingreso de las aguas de escorrentía superficial que discurren sobre la superficie de rodadura y facilitar su orientación hacia las cunetas, se ha considerado una pendiente de 2.5% en el sentido transversal de la plataforma de la carretera.

4.9.2.3. Pendiente Longitudinal del Camino Vecinal

Todo el tramo de la carretera supera la pendiente mínima que se especifica en las Normas Peruanas de Carreteras.

4.9.2.4. Sección Geométrica de la Cuneta

De acuerdo a las condiciones Hidrológicas y topográficas, la sección geométrica de las cunetas será de forma triangular y de tierra, cuyos taludes tanto interno como externo son las que se indican en el plano respectivo.

4.9.2.5. Pendiente longitudinal de la Cuneta

La pendiente longitudinal de la cuneta se ha adoptado igual a la pendiente del trazo vial.

4.9.2.6. Longitudes del Tramo

La longitud de recorrido de un tramo de cuneta, para el presente estudio, se ha detectado que depende de varios factores, tales como: ubicación de entregas naturales, ubicación de puntos bajos que presenta el perfil de la carretera, caudales de recolección en un tramo según los niveles de precipitación.

4.9.2.7. Criterios de Diseño:

Considerando que la longitud del tramo ($L = 8.6\text{Km}$) y siendo la condición homogénea, se ha analizado el caso típico más desfavorable:

La mayor longitud de cuneta continua proyectada es 2658 metros, que es el caso más crítico que requiere análisis:

Considerando un ancho de 100 m. y la longitud de 400 m. indicada, el área de escurrimiento es:

$$A=400m*100m$$

$$A = 40,000 \text{ m}^2 (0.04 \text{ Km}^2)$$

$$C = 0.59 \text{ de } (K1+K2+K3+K4) \text{ de Cuadro N}^\circ 03$$

$$I = 34.20 \text{ mm/h. (del Cuadro N}^\circ 01)$$

Para el cálculo de caudal aplicamos la Fórmula Racional:

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Según el cálculo realizado para alcantarillas, dada las mismas condiciones, se tiene que el caudal de diseño para cunetas es:

$$Q_d = 0.224 \text{ m}^3/\text{s}.$$

4.9.2.8. Verificación de la Capacidad de las Cunetas

El cálculo de la velocidad y descarga se hará para las condiciones siguientes:

Pendiente predominante en el tramo: $S = 0.12$

Sección de la cuneta triangular: 1.00 m x 0.50 m de profundidad

(Cuadro N° 10)

Coeficiente de Manning: $n = 0.03$ (Cuadro N° 05)

Aplicando el Programa Hcanales y con la fórmula de Manning y los datos que se indican se tienen los resultados siguientes:

The screenshot shows a software window titled "Cálculo del Caudal, sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular". It contains the following data:

Datos:	
Lugar:	Cuiparillo - Gloria
Tramo:	L = 8.6 Km
Proyecto:	Mejoramiento CV
Revestimiento:	S/R
Tirante (y):	0.40 m
Ancho de solera (b):	0 m
Talud (Z):	1/1.5
Coeficiente de rugosidad (n):	0.03
Pendiente (S):	0.12 m/m

Resultados:	
Caudal (Q):	0.5015 m ³ /s
Area hidráulica (A):	0.1600 m ²
Radio hidráulico (R):	0.1414 m
Número de Froude (F):	2.2377
Tipo de flujo:	Subcrítico
Velocidad (v):	3.1343 m/s
Perímetro (p):	1.1314 m
Espejo de agua (T):	0.8000 m
Energía específica (E):	0.9007 m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Buttons: Ejecutar, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal

Footer: Ingresar la pendiente del canal

Figura 20: Calculo del caudal, sección trapezoidal (Fuente: elaboración propia)

Para el caudal de diseño $Q_d = 0.224 \text{ m}^3/\text{s}$, la capacidad hidráulica de la cuneta que se está proyectando corresponde los valores a $Q_e = 0.5015 \text{ m}^3/\text{s}$.

$Q_d = 0.224 \text{ m}^3/\text{s} < Q_e = 0.5015 \text{ m}^3/\text{s} \dots\dots\dots \text{OK}$

Con los resultados indicados, se concluye que la cuneta triangular de $0.50 \times 1.00 \text{ m}$, corresponde a una sección parcialmente llena; por lo que el borde libre le permitiría a la sección trabajar con cierto margen en el caso de obstrucción.

4.9.2.9. Verificación de la Velocidad en Cunetas

En el caso de flujos de aguas superficiales, se recomienda una velocidad mínima de 0.60 m/seg. con fines de que no se produzca sedimentación y velocidades máximas hasta de 6 m/seg. con fines de evitar la erosión.

Para las condiciones que se dan a continuación, que corresponde a las cunetas, se calcula la velocidad en las cunetas:

Área de la sección mojada de la cuneta : $A = 0.07147 \text{ m}^2$

Caudal a drenar : $Q_{\text{drenar}} = 0.224 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Luego velocidad en las cunetas será:

$V_c = \frac{Q_{\text{drenar}}}{A} = 3.1343 \text{ m/seg.}$

La velocidad en las cunetas $V = 3.1343 \text{ m/seg.}$, se encuentra dentro del rango establecido e indicado líneas arriba, por tanto no existirá sedimentación ni erosión.

4.10. Alcantarillas

La incorporación de alcantarillas nuevas en las zonas identificadas con cauces de quebradas definidas y aguas estancadas, para descarga de cunetas con sus respectivos aliviaderos en la entrada y salida de las mismas.

4.10.1. Fisiografía de la Cuenca.

Las características geomorfológicas de la cuenca permite definir las características de distribución espacial temporal de las variables hidrológicas a fin de poderlas cuantificar, considerando para nuestro objetivo que el área y altitud media de la cuenca son elementos importantes, habiéndose obtenidos estos parámetros con la cartografía recopilada donde el área es de 137.51 Ha aproximadamente que representa el 40% de cuencas y áreas drenadas presentando la topografía por un relieve de ondulado a accidentado.

4.10.2. Metodología y Formulación del Estudio.

Es el estudio de recursos hídricos en la zona de selva baja frecuentemente se enfrenta al gran problema de carencia de información Hidrométrica adecuada, tanto en el tiempo como en el espacio. La zona en estudio no es la excepción por la tanto obliga al desarrollo

de diversas técnicas y criterios, cuyo objetivo es la transferencia de información al mismo tiempo rescatar aquellas informaciones siendo propia de la cuenca, aunque de corto periodo puede ser utilizable. En el presente estudio se empleará esta relación de información obtenida.

4.10.3. Análisis Hidrológico.

El drenaje de lluvia que cae en las laderas y en la propia plataforma será evacuada por cunetas que evitaren que el agua discurra sobre la plataforma lo que dañaría la plataforma de la carretera, para lo cual se ha proyectado la formación de cunetas en tierra a lo largo de toda la vía, el drenaje de quebradas se hace mediante alcantarillas metálicas TMC. Las que funcionan en su mayor capacidad en épocas de lluvia.

4.10.4. Calculo del Caudal a Drenar (Alcantarillas de Área de cuenca más Crítica)

Se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

En zonas lluviosas la longitud máxima permitida para el desfogue de las aguas que discurren por las cunetas es de 250 a 400 metros de longitud.

Como no se cuenta con datos hidrológicos de la zona se considerara una intensidad de lluvia de $I = 34.20$ mm/Hr. La misma que es muy común en la zona por tratarse de una zona lluviosa.

$$A = 19.63 \text{ Ha (Segunda Área de la cuenca más crítico)}$$

$$C = 0.59 \text{ de } (K1+K2+K3+K4) \text{ de Cuadro N}^\circ 03$$

$$I = 34.20 \text{ mm/h.}$$

Se usara la formula racional:

$$Q = CIA/360.$$

Donde I = Intensidad de precipitación
 A = Área en Ha.

C = Coeficiente de escorrentía.

Remplazando valores se tiene

$$Q_t = 1.100 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Para el cálculo de la precipitación pluvial que escurre por el pavimento se tiene:

$$C = 0.70 \text{ (Cuadro N}^\circ \text{ 04)}$$

$$I = 34.20 \text{ mm/h.}$$

$$A = 400 \times 2.00 = 0.080 \text{ ha.}$$

Remplazando valores en la formula se tiene:

$$Q_p = 0.0053 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Caudal total a drenar:

$$Q_d = Q_t + Q_p + Q_c = 1.100 + 0.0053 + 0.224 = 1.33 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

4.10.5. Verificación de la Capacidad de la Alcantarilla

El cálculo de la velocidad y descarga se hará para las condiciones siguientes:

Pendiente predominante en el tramo : $S = 0.05$

- Alcantarilla : $D = 36''$.

Coeficiente de Manning: $n = 0.03$ (Cuadro N° 05) .

Aplicando el Programa Hcanales y con la fórmula de Manning y los datos que se indican se tienen los resultados siguientes:

$$Q_d = 1.33 \text{ m}^3/\text{seg} < Q_e = 1.65 \text{ m}^3/\text{seg} \text{OK}$$

Figura 21: Cálculo del caudal, sección trapezoidal (Fuente: elaboración propia)

Con los resultados indicados, se concluye que la alcantarilla $D = 36'' = 0.9144 \text{ m}$, corresponde a una sección parcialmente llena; por lo que el borde libre le permitiría a la sección trabajar con cierto margen en el caso de obstrucción, para las demás alcantarillas por contar con área de caudal menor al analizado, se colocara $D = 36''$, esto para facilitar su limpieza y mantenimiento.

diseño y tamaño y forma de las alcantarillas se hace siguiendo métodos de aceptación general, los cuales varían mucho de acuerdo a los antecedentes pluviométricos, el agua superficial debe alejarse de la plataforma de la carretera, tan pronto como sea posible.

Tabla 31

Descripción de Obras de Arte e Infraestructura Proyectadas

<u>TRAMO : KM 00+000 AL KM 08+600.00</u>			
1	5+200 km	Alcantarilla HDPE D=36''	7.10
	6+710		
2	km	Alcantarilla HDPE D=36''	7.10
	7+850		
3	km	Alcantarilla HDPE D=36''	7.10

Fuente: Elaboración propia

4.11. Estudio de Señalización

Las características físicas de la vía son propias de un camino a nivel de sub rasante, con una superficie erosionada por sectores por la acción de los vientos y aguas que rebasan cunetas de tierra, tramos muy angostos de hasta 2.80 m sin bermas y presencia de tramos con baches y lodazal ante la falta de mantenimiento, que dificultan el paso de vehículos en ambos sentidos, a lo que se suma curvas con problemas de visibilidad y trazo deficiente que a altas velocidades de circulación generan accidentes.

Tabla 32

Características de la Vía Situación Actual

CARRETERA	TRAMO
Característica de la Vía y Pavimento.	A nivel de Sub rasante
Red Vial	Vecinal
Tipo de Camino	
Estado de Conservación	Malo
Longitud (km)	8.6
Índice Medio Diario	10 veh/día
Velocidad de Diseño km/hora	30
Tipo de Material de la Superficie	Tierra Compactada
Ancho de la Calzada (m)	5.00
Radio Mínimo Normal	10
Pendiente Minima (%)	0.33
Pendiente Maxima (%)	18
Bombeo (2)	2
Talud en Relleno	V: 1 / H: 1.5
Talud en Corte	Roca Suelta V: 1 / H: 6 Material Suelo V: 1 / H: 2

Fuente: Estudio Topográfico del Proyecto

Criterios de Diseño Utilizados en el Proyecto. - A continuación se detallan los principales criterios de diseño adoptados.

En la visita de campo efectuada y por indagaciones se ha podido determinar los puntos críticos, con los siguientes accidentes:

Camionetas.- Velocidades excesivas en todo su trayecto; se ha podido notar el uso de altas velocidades, los cuales son propensos a generar accidentes de tránsito debido a la geografía del terreno y las quebradas que presenta.

Teniendo en cuenta que la vía cuenta con un gran número de radios de giro en muchos casos los que se encuentran muy estrechados y con un ascenso permanente, los que pueden ocasionar accidentes.

Camiones Pesados. Por volcadura al esquivar animales y/o dar pase en retroceso por el limitado ensanche de la carretera en curvas cerradas, en las zonas de donde se puede apreciar un continuo ascenso así como por exceso de velocidad.

Peatones.- Por cegamiento de las luces de los vehículos durante la noche, al colocarse al borde de la carretera, por un mal paso, pisando en falso, por ensanche de la vía debido a la existencia de cercos de propiedad privada, en varios tramos de la vía y generalmente por lo accidentado de la Topografía los que muchas veces ocasionan que la superficie del relieve terrestre sea un peligro para los peatones.

Las medidas tomadas para mitigar los accidentes son:

Se ha tomado todo el tramo limitando las velocidades desde el Km. 0+000 al 5+048 con una velocidad máxima de 30 km/h. y min de 25 km/h.

En los puntos críticos (puntos negros), como curvas de radios mínimos excepcionales tanto horizontales como verticales, zonas de gran pendiente, se prevé señales

reglamentarias como: mantenga su derecha (R-15), no adelantar (R-16), pendiente pronunciada (P-35) y otros dependiendo de la característica de desarrollo de la carretera.

Señalización .- Las señales que requiere el proyecto son:

Señales de reglamentación, para notificar al usuario de la vía de las limitaciones, prohibiciones o restricciones que gobiernan el uso de ella y cuya violación constituye un delito.

Señales de prevención, Para advertir a los usuarios de la vía de la existencia de un peligro y la naturaleza de esta.

4.11.1. Señales Reglamentarias

Señales de información, Para guiar al usuario a través de la carretera, proporcionándole la información que pueda necesitar.

Postes Kilométricos.- Estas señales son de forma como se indica en el plano de $h = 1.20$ metros.

Los postes kilométricos deben colocarse en donde se cumpla cada kilómetro de la vía, la prohibición o restricción. Mayores detalles sobre los postes kilométricos se encuentran en las especificaciones técnicas del proyecto, planos y en el manual correspondiente del M.T.C.

Estas señales son de forma rectangular de 0.60×0.60 metros. Las señales reglamentarias deberán colocarse en el lugar donde exista la prohibición o restricción mayores detalles sobre las señales reglamentarias se encuentran en las especificaciones técnicas del proyecto, planos y en el manual correspondiente del M.T.C.

Señales Preventivas.- Las señales preventivas han sido diseñadas y ubicadas de acuerdo al desarrollo de la vía, en las zonas que presentan un peligro real o potencial que puede ser evitado disminuyendo la velocidad del vehículo o tomando las precauciones del caso.

Las señales preventivas para el presente caso tienen una dimensión de 0.60x0.60 metros con fondo de material reflectorizante de alta intensidad de color amarillo y símbolos, letras y borde de marco pintados con tinta xerográfica color negro, con uno de los vértices del cuadrado hacia abajo.

Los postes de fijación de estas señales serán de tubo galvanizado de 2", pintados con franjas de 0.50 m con esmalte de color blanco y negro.

Los detalles en cuanto a las características de los mensajes y las formas de las señales preventivas se indican en los planos, así como en las Especificaciones Técnicas del proyecto y el manual indicado que tiene carácter oficial.

En líneas generales, indicamos a continuación las distancias recomendadas para la ubicación de las señales preventivas.

- Zona Urbana: 60 m –75 m
- Zona Rural: 90 m –110 m

Señales Informativas.- Las señales informativas tienen la finalidad de guiar al conductor a través de determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. También tiene por objeto identificar puntos notables como ciudades, ríos, lugares de destino y dar información útil al usuario de la carretera.

Las señales informativas que se utilizan en el proyecto serán las de localización y destino, las cuales proporcionan información al conductor de los lugares o poblaciones más importantes en el trayecto.

Las señales informativas serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal y de dimensiones variables según el mensaje a transmitir. Se ubicarán al lado derecho de la carretera de manera que los conductores puedan distinguirlas de manera clara y oportuna.

En el siguiente cuadro se puede presentar las señales informativas usadas en este estudio:

CONCLUSIONES

El tramo en estudio comprende 8. km. De camino vecinal, la topografía del lugar es alta y baja.

La profundidad mínima de las calicatas fue de 1.50 m respecto a la altura natural del terreno.

En el tramo en su totalidad, se tendrá que realizar trabajos de mejoramiento de sub rasante con el material granular existente en la plataforma.

Con la elaboración de la propuesta diseño se lograrán los niveles de seguridad, comodidad y de estética, necesarios para que el diseño geométrico del camino vecinal, tenga los niveles de servicialdad, adecuados para los volúmenes de transito actuales, garantizando su funcionalidad mientras cumple su vida útil.

RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer un ajuste a la oferta económica propuesta, basado en los precios de mercado para el periodo de ejecución del proyecto.

Se recomienda mantener el diseño geométrico propuesto ya que este fue determinado mediante un estudio profundo de las condiciones de la carretera y obtenido en base a todos los elementos que lo integran.

En lo que se refiere a las obras de drenaje propuestas se recomienda respetar sus dimensiones y ubicación ya que estas fueron obtenidas mediante un minucioso estudio hidrológico.

Para compensar algunos cambios en el medio ambiente se recomienda la forestación en los lugares apropiados con árboles que no interfieran en el óptimo funcionamiento de la vía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Instituto Nacional de Estadística e Informática; (2007): *Censo Poblacional*.
- Valles, R.; (1964): *Carretera, Calles y Aeropistas*. Buenos Aires: Editorial El Ateneo.
- Fuentes, A.; (1997): *Caminos I*. Lima: Editorial Guerra Bustamante, Cesar. *Carreteras, Ferrocarriles, Canales. Localización y Diseño Geométrico*. Editorial América 3era Edición.
- Rios Vargas, Caleb, *Diseño Geométrico y Asfaltado de la Avenida Circunvalación - Tarapoto, Informe de Ingeniería, Tarapoto Perú*.
- .
- Ibáñez, W.; (2011): *Costos y tiempos en carreteras*. Lima: Editorial Macro E.I.R.L. 2da Edición.
- Keller, G., Bauer, G. y Aldana, M.; (1995): *Caminos rurales con impactos mínimos*. Guatemala: USAID.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones; (2009): *Reglamento Nacional de Tránsito*. Lima.
- Ministerio de Transportes Comunicaciones, Vivienda y Construcción; (2001): *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG - 2001*. Lima.
- Ministerio de Transportes Comunicaciones, Vivienda y Construcción; (2016): *Manual de ensayos de materiales para Carreteras*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones; (2005): *Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima.
- Salinas, M.; (2011): *Costos y Presupuestos de Obra*. Lima: Editorial ICG 2011 8va Edición.

ANEXOS

ANEXO 1. Estudio de suelos