



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

**Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de
INGENIERO CIVIL**

**“Diseño de una vía de tercer orden en el territorio del Proyecto SAHINO en
Putumayo”**

RICHARD ANDRÉS VIZUETE PINTO

Quito, febrero de 2026



DECLARACION JURAMENTADA

Yo, RICHARD ANDRÉS VIZUETE PINTO, con cédula de identidad 1714204896 declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual que correspondan relacionados a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

D. M Quito, febrero de 2026

RICHARD ANDRÉS VIZUETE PINTO

Correo electrónico: ravizuite.civ@uisek.edu.ec

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“Diseño de una vía de tercer orden en el territorio del Proyecto
SAHINO en Putumayo”**

Realizado por:

RICHARD ANDRÉS VIZUETE PINTO

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

ha sido dirigido por el profesor

LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA

“Diseño de una vía de tercer orden en el territorio del Proyecto SAHINO en Putumayo”

Por

RICHARD ANDRÉS VIZUETE PINTO

Marzo 2026

Aprobado:

Luis A. Soria N., Tutor

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, presidente del Tribunal

Santiago Morales, Miembro del Tribunal

Marcelo Otañez, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: _____ 30, marzo ,2026

Luis A. Soria N., Tutor

Aceptado y Firmado: _____ 30, marzo ,2026

Santiago Morales

Aceptado y Firmado: _____ 30, marzo ,2026

Marcelo Otañez

Aceptado y Firmado _____ 30, marzo ,2026

Violeta Rangel

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK

Dedicatoria,

A mi familia, especialmente a mis padres, gracias por ser mi apoyo en la vida y por todo el esfuerzo que realizaron para formarme y hacer de mí un hombre con buenos valores.

A través de su paciencia, consejos, enseñanzas y la confianza que depositaron en mí, han sido mi respaldo en cada etapa de este proceso.

A mis hermanas, quienes siempre estuvieron presentes en los momentos más difíciles, brindándome su apoyo incondicional, gracias a lo cual pude cumplir mis objetivos y culminar con éxito mi carrera.

A mi asesor de tesis, por su apoyo y guía en el desarrollo de este proyecto.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a mis padres, Jessy Pinto y Guillermo Vizuete, por darme la fuerza para superar cualquier dificultad en mi vida. Les agradezco profundamente por su amor incondicional y por enseñarme, con su ejemplo, el verdadero significado del apoyo. Gracias por acompañarme en cada paso; este logro no solo es mío, sino también de ustedes, por su respaldo en este camino.

A mis hermanas, Jomaira y Dayana Vizuete, quienes han estado a mi lado brindándome su apoyo, les expreso mis más sinceros agradecimientos por estar siempre dispuestas a tenderme la mano en los momentos en que más lo necesité.

A las personas cercanas en mi vida, que de distintas maneras siempre me han brindado su apoyo, palabras de aliento y fortaleza para continuar, les agradezco de corazón por acompañarme en este proceso. Cada muestra de confianza fue un impulso para no rendirme y seguir adelante hasta alcanzar la meta.

A mi asesor de tesis, Ing. Luis Soria, por su ética profesional y paciencia brindada. Gracias por compartir sus conocimientos y experiencias.

Este trabajo de tesis fue realizado bajo el Programa de Investigación:

INGENIERIA CIVIL

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

Y con el financiamiento de

Proyecto de Investigación de la Dirección de Investigación e Innovación

RESUMEN

El presente trabajo corresponde al desarrollo del diseño geométrico del tramo vial que conecta la Plataforma B con la Plataforma F en el Bloque 90 – Sahino. La necesidad de este estudio surge de la importancia que tiene esta vía como parte de la infraestructura interna del proyecto, ya que permite la movilización de personal, equipos y abastecimiento entre ambas plataformas.

Para iniciar el diseño fue necesario analizar la topografía del sector, identificando las variaciones de nivel y las condiciones reales del terreno. A partir de esta información se planteó el eje de la vía, procurando que el trazado se adapte al relieve existente sin generar intervenciones excesivas. Paralelamente se estimó el tránsito proyectado para un periodo de diez años, lo que permitió determinar que se trata de una vía de bajo volumen vehicular y clasificarla como Clase V según la normativa vigente.

Con estos criterios se definió la velocidad de diseño y se desarrolló tanto el alineamiento horizontal como el vertical. En planta se establecieron tramos rectos y curvas que cumplen con los radios mínimos requeridos, mientras que en perfil se ajustaron pendientes y curvas verticales buscando transiciones suaves y condiciones adecuadas de visibilidad. También se analizaron los sobrecanchos y peraltes necesarios en los sectores curvos, considerando la circulación de vehículos de carga propios de la actividad del bloque.

También se analizaron los cortes y rellenos que produce la rasante propuesta. Con esto fue posible identificar dónde el terreno requiere mayor intervención y dónde se puede trabajar con ajustes mínimos, lo que ayudó a afinar el perfil hasta lograr una alternativa más razonable desde el punto de vista constructivo.

Palabras clave: Diseño de carreteras, Ingeniería civil, Infraestructura de transporte, Topografía, Transporte terrestre.

ABSTRACT

This work presents the geometric design of the road segment connecting Platform B and Platform F in Block 90 – Sahino. The study arises from the importance of this road as part of the project's internal infrastructure, as it enables the movement of personnel, equipment, and supplies between both platforms.

The design process began with an analysis of the site's topography, identifying elevation changes and the actual ground conditions. Based on this information, the roadway alignment was defined, seeking to adapt the layout to the existing terrain while avoiding unnecessary interventions. At the same time, projected traffic was estimated for a ten-year period, which allowed the road to be classified as a low-volume facility (Class V) in accordance with current regulations.

Using these criteria, the design speed was established, and both horizontal and vertical alignments were developed. In plan view, straight sections and curves were defined in compliance with the required minimum radii. In profile, longitudinal grades and vertical curves were adjusted to achieve smooth transitions and adequate visibility conditions. Superelevation and widening in curved sections were also evaluated, considering the circulation of heavy vehicles associated with the block's operations.

Earthwork volumes generated by the proposed grade line were analyzed to determine where greater terrain modification would be required and where minimal adjustments would suffice. This assessment made it possible to refine the profile and obtain a solution that is technically consistent and feasible from a construction standpoint.

Key words: Road geometric design; Civil engineering; Transportation infrastructure; Topography; Low-volume roads.

Tabla de contenidos

Lista de tablas	7
Listado de figuras	8
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	9
1.1. Contexto general.....	9
1.2. Planteamiento del problema	10
1.3. Justificación.....	10
1.4. Delimitación del estudio.....	11
1.5. Objetivos	12
1.5.1. Objetivo General.....	12
1.5.2. Objetivos específicos	12
1.6. Metodología general.....	13
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	15
2.1. Características Físicas y Geográficas Putumayo.....	15
2.1.1. Clima	15
2.1.2. Recursos Hídricos	15
2.1.3. Límites.....	16
2.1.4. Demografía	17
2.2. Consideraciones generales del diseño geométrico vial	18
2.3. Fundamentos normativos del diseño geométrico vial	19
2.4. Clasificación funcional de la vía	19
2.5. Determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)	20
2.5.1. Procedimiento de conteo vehicular.....	21
2.5.2. Cálculo del tránsito promedio diario (TPD).....	21
2.5.3. Proyección del tránsito	22

2.5.4. Análisis del comportamiento del tránsito	22
2.6. Velocidad de diseño	23
2.7. Diseño de alineamiento horizontal	23
2.7.1. Curvas circulares simple	24
2.7.2. Curva de inflexión o curva reversa	25
2.7.3. Serie de espirales o serie de clotoides	26
2.8. Geometría del alineamiento horizontal	26
2.9. Diseño del perfil longitudinal.....	27
2.10. Sección transversal típica	29
2.11. Drenaje superficial en zonas de alta pluviosidad	30
2.12. Movimiento de tierras y adaptación al relieve natural	30
2.13. Integración del diseño geométrico con las condiciones operativas del proyecto	31
2.14. Levantamiento Topográfico	32
2.15. Peraltes	32
2.16. Red vial.....	33
2.17. Estudios De Suelo	33
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	35
3.2. Tipo de investigación	35
3.3. Método.....	35
3.4. Técnicas de recolección de información	36
3.5. Proceso Técnico	36
3.5.1. Conteo vehicular	36
3.5.2. Topografía	37
3.5.3. Ubicación del tramo de intervención.....	37
3.5.4. Caracterización del tránsito previsto	39
3.5.5. Sistema de drenaje	39

3.5.6. Diseño geométrico horizontal.....	39
3.5.7. Diseño geométrico vertical	40
3.5.8. Condiciones geotécnicas	40
CAPÍTULO 4: DESARROLLO.....	41
4.2. Levantamiento topográfico.....	41
4.3. Tránsito previsto.....	43
4.4. Tipo de vía.....	48
4.5. Velocidad de diseño	50
4.6. Número de carriles	52
4.7. Sección transversal de vía	53
4.8. Alineamiento horizontal	54
4.9. Sobreanchos y Peraltes	59
4.10. Alineamiento vertical	60
4.11. Movimiento de tierras	62
CAPÍTULO 5: RESULTADOS	63
5.2. Levantamiento topográfico.....	63
5.3. Sección transversal de vía	65
5.4. Alineamiento horizontal	65
5.4.1. Procedimiento de cálculo del alineamiento horizontal	67
5.5. Sobreanchos y Peraltes	69
5.5.1. Procedimiento de cálculo de sobreanchos.....	70
5.6. Alineamiento vertical	75
5.6.1. Procedimiento de cálculo del alineamiento vertical.....	75
5.7. Movimiento de tierras	81
5.8. Diseño de drenaje superficial	88
5.9. Planos de diseño geométrico	98

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
Conclusiones	99
Recomendaciones	100
Referencias	101

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de carreteras según el tráfico proyectado (MTOPI-2003)	20
Tabla 2. Clasificación de carreteras según su función (MTOPI-2003)	20
Tabla 3. Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción (MTOPI-2003)	28
Tabla 4. Datos del conteo 05 de enero de 2026.....	44
Tabla 5. Datos del conteo 06 de enero de 2026.....	44
Tabla 6. Datos del conteo 07 de enero de 2026.....	45
Tabla 7. Tránsito actual	47
Tabla 8. Clasificación de carretera según el tráfico proyectado (MTOPI-2003).....	48
Tabla 9. Clasificación de carretera según su función (MTOPI-2003)	48
Tabla 10. Velocidades de proyecto.	51
Tabla 11. Clasificación vial según NEVI 12.	52
Tabla 12. Coordenadas Polígono base.	63
Tabla 13. Resultados de cálculo de sobrecanchos y peralte en curvas.....	73

Listado de figuras

Figura 1. Esquema general tramo Plataforma B y Plataforma F.....	11
Figura 2. Sección transversal típica de vía.....	16
Figura 3. Límites del proyecto	17
Figura 4. Curvas circulares simples	24
Figura 5. Curva de inflexión	25
Figura 6. Serie de espirales	26
Figura 7. Sección transversal típica de vía.....	30
Figura 8. Ubicación del tramo de intervención.....	38
Figura 9. Levantamiento topográfico.....	41
Figura 10. Ejemplo faja topográfica.....	42
Figura 11. Sitio de conteo vehicular.	43
Figura 12. Sitio de conteo vehicular.	49
Figura 13. Dimensiones de vía de proyecto.	53
Figura 14. Sección típica en Corte - Corte.....	53
Figura 15. Sección típica en Relleno – Relleno.	53
Figura 16. Sección típica en Relleno – Corte.....	54
Figura 17. Ejemplo de topografía.....	65
Figura 18. Alineamiento Horizontal del proyecto.....	67
Figura 19. Ejemplo de curva	68
Figura 20. Ejemplo de tramo recto.....	68
Figura 21. Ejemplo de sobreelevación curva 3.....	71
Figura 22. Ejemplo de bombeo tramo recto 2%.....	72
Figura 23. Ejemplo de curva vertical	78
Figura 24. Ejemplo tramo en corte.....	81
Figura 25. Ejemplo tramo en corte.....	81
Figura 26. Ejemplo de sección transversal.....	82
Figura 27. Mapa Hidrológico del sector.....	89
Figura 28. Ubicación estaciones meteorológicas e Hidrológicas.....	89
Figura 29. Ejemplo de sección transversal de drenaje	98

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1.Contexto general

El desarrollo de infraestructura vial en zonas de explotación petrolera resulta un elemento fundamental para garantizar la operatividad continua de las actividades industriales. En la provincia de Sucumbíos, predominan condiciones propias de la región amazónica como son la alta pluviosidad, suelos con contenido arcilloso significativo, topografía ondulada y presencia constante de drenajes naturales, por esto el diseño de accesos viales debe responder a criterios técnicos rigurosos que aseguren estabilidad, funcionalidad y seguridad operacional.

El Bloque 90 – Sahino es un área de exploración y explotación petrolera por lo que requiere una red interna de caminos que conectan sus plataformas de operación. Entre ellas, el tramo comprendido entre la Plataforma B y la Plataforma F representa un eje estratégico para la circulación de maquinaria pesada, transporte de equipos, abastecimiento logístico y movilización de personal. Debido a las características físicas del terreno, este tramo presenta variaciones altimétricas, zonas de corte y relleno, y requerimientos específicos de drenaje, lo que convierte su diseño geométrico en un aspecto determinante para el desempeño futuro de la vía.

El diseño vial en este tipo de proyectos no puede abordarse únicamente desde una perspectiva constructiva, sino que requiere un análisis integral que considere parámetros geométricos, adaptación al relieve natural, control de pendientes y manejo adecuado de aguas superficiales. En este contexto, el presente trabajo de titulación se orienta al análisis y desarrollo del diseño geométrico del tramo B–F en el Bloque 90 – Sahino.

1.2.Planteamiento del problema

En proyectos de vialidad ubicados en zonas petroleras, la ejecución de vías internas suele realizarse con criterios funcionales inmediatos, priorizando la conexión entre plataformas y la rapidez de implementación. Sin embargo, cuando el diseño geométrico no es debidamente analizado y sustentado, pueden generarse problemas asociados a inestabilidad de taludes, acumulación de agua en la calzada, erosión de cunetas, deterioro prematuro de la superficie de rodadura y riesgos para la circulación de vehículos pesados.

El tramo vial entre la Plataforma B y la Plataforma F atraviesa un entorno con pendientes variables y presencia de drenajes naturales, lo que exige una adecuada definición de alineamientos horizontales y verticales. La falta de un análisis técnico estructurado podría traducirse en mayores volúmenes de movimiento de tierras, incremento de costos constructivos y afectaciones ambientales innecesarias.

En este contexto, surge la necesidad de estudiar y fundamentar técnicamente el diseño geométrico que se adoptará para este tramo, evaluando su coherencia con principios de ingeniería aplicables a caminos de servicio en zonas de bajo volumen de tránsito, pero con exigencias operativas específicas.

1.3.Justificación

Desde el punto de vista técnico, el diseño geométrico constituye la base sobre la cual se desarrollan las etapas posteriores de construcción y operación de una vía. Una adecuada selección de radios de curvatura, pendientes longitudinales, pendientes transversales y configuración de secciones tipo permite optimizar el movimiento de tierras, mejorar el drenaje superficial y garantizar condiciones mínimas de seguridad en la circulación.

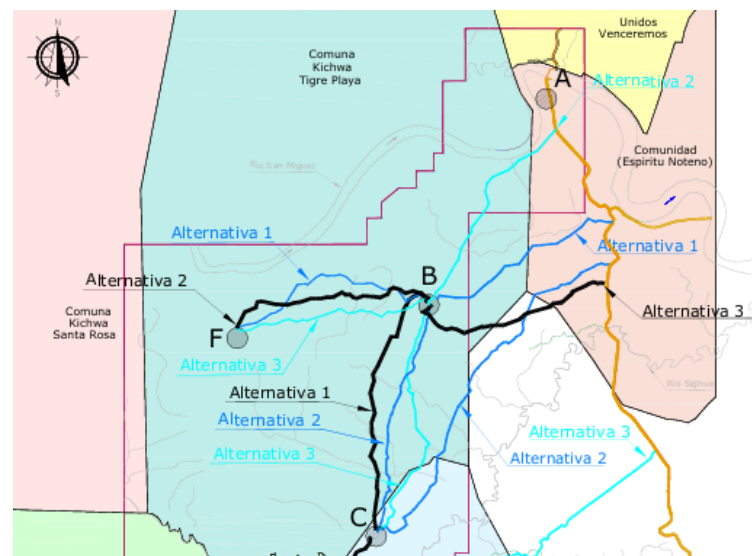
El diseño del tramo Plataforma B – Plataforma F ofrece la oportunidad de integrar conocimientos de topografía, geometría vial, mecánica de suelos y drenaje,

aplicados a un caso real en un entorno de alta complejidad ambiental. Asimismo, el trabajo aporta un enfoque sistemático sobre cómo abordar el diseño geométrico de accesos industriales en la región amazónica, considerando no solo la funcionalidad inmediata, sino también la estabilidad y durabilidad de la infraestructura.

1.4. Delimitación del estudio

El presente trabajo tiene como finalidad realizar el diseño geométrico del tramo vial comprendido entre la Plataforma B y la Plataforma F dentro del Bloque 90 – Sahino.

Figura 1. Esquema general tramo Plataforma B y Plataforma F



Fuente: Elaboración propia, 2026.

El alcance del trabajo incluye entre lo más relevante:

- Evaluación del alineamiento horizontal.
- Análisis del perfil longitudinal.
- Revisión de pendientes adoptadas.
- Descripción y análisis de secciones transversales tipo.
- Consideraciones básicas de drenaje superficial asociadas al diseño geométrico.

No forma parte del alcance el desarrollo detallado del diseño estructural de pavimento ni el análisis financiero del proyecto, salvo referencias generales cuando sean necesarias para contextualizar el diseño.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Realizar el diseño geométrico del tramo vial comprendido entre la Plataforma B y la Plataforma F en el Bloque 90 – Sahino, utilizando criterios técnicos basados en la normativa vial vigente, con el propósito de garantizar condiciones adecuadas de seguridad, funcionalidad y adaptación al entorno topográfico del sector.

1.5.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las condiciones topográficas y geomorfológicas del corredor vial comprendido entre la Plataforma B y la Plataforma F, mediante el análisis de la información obtenida en el levantamiento topográfico, con el propósito de establecer la base técnica para el desarrollo del diseño geométrico.
- Determinar los parámetros de diseño geométrico aplicables al tramo, mediante la aplicación de la normativa vial vigente y la consideración de las condiciones operativas del proyecto, con el fin de garantizar coherencia técnica en el trazado propuesto.
- Diseñar el perfil longitudinal de la vía, definiendo pendientes y puntos de control vertical en función de la topografía levantada, para asegurar condiciones adecuadas de visibilidad, drenaje y circulación.

- Establecer las secciones transversales tipo del tramo, considerando criterios de estabilidad, drenaje superficial y adaptación al terreno natural, con el objetivo de asegurar funcionalidad estructural y operativa.
- Incorporar criterios básicos de manejo de aguas superficiales dentro del diseño geométrico, mediante la consideración de pendientes transversales y elementos de evacuación, para garantizar el adecuado funcionamiento hidráulico de la vía.

1.6. Metodología general

El presente trabajo se desarrollará bajo un enfoque técnico–analítico orientado al diseño geométrico del tramo vial comprendido entre la Plataforma B y la Plataforma F en el Bloque 90 – Sahino. La metodología adoptada contempla una secuencia ordenada de etapas propias del proceso de diseño vial, integrando análisis topográfico, aplicación normativa y definición geométrica del trazado.

En una primera fase se realizará la recopilación y análisis de la información topográfica disponible del corredor vial, incluyendo datos planimétricos y altimétricos que permitan caracterizar las condiciones físicas del terreno. En esta etapa se identificará pendientes naturales, puntos críticos, zonas de corte y relleno potenciales, así como condicionantes geomorfológicas del sector.

Posteriormente, se procederá a la determinación de los parámetros de diseño geométrico aplicables al tramo, considerando criterios establecidos en la normativa vial vigente y las condiciones operativas previstas para la vía. En esta etapa se definirán aspectos como velocidad de diseño, radios mínimos de curvatura, pendientes longitudinales admisibles y pendientes transversales de la sección tipo.

Con base en los parámetros establecidos, se desarrollará el diseño del alineamiento horizontal, definiendo tangentes y curvas circulares que permitan adaptar

el eje vial a la topografía existente, procurando minimizar movimientos de tierra innecesarios y garantizando condiciones adecuadas de circulación.

De forma complementaria, se elaborará el perfil longitudinal del tramo, estableciendo la rasante proyectada en función del terreno natural y verificando el cumplimiento de pendientes máximas y mínimas admisibles. Este análisis permitirá evaluar la necesidad de cortes y rellenos, así como la coherencia entre el diseño en planta y el diseño en elevación.

Por último, se definirán las secciones transversales tipo y se incorporarán criterios básicos de drenaje superficial, considerando la necesidad de evacuar adecuadamente las aguas pluviales propias del entorno amazónico. El diseño geométrico resultante será evaluado en términos de funcionalidad, adaptación al terreno y cumplimiento de criterios técnicos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Características Físicas y Geográficas Putumayo

2.1.1. *Clima*

Putumayo se ubica en la región amazónica de Ecuador y específicamente en la provincia de Sucumbíos, se caracteriza por tener un clima típico de selva tropical húmeda que tiene temperaturas relativamente estables durante todo el año y elevados niveles de precipitación. La temperatura media anual en el lugar suele oscilar entre 24 °C y 26 °C, con variaciones mínimas entre estaciones debido a su ubicación cercana a la línea ecuatorial. Además, la humedad relativa se mantiene de manera general por encima del 80 %, lo que favorece el desarrollo de una densa cobertura vegetal y ecosistemas propios del bosque húmedo tropical. Estas condiciones climáticas son comunes en la Amazonía ecuatoriana y responden a la influencia de factores geográficos como la alta radiación solar, la evapotranspiración de la vegetación y la dinámica atmosférica de la cuenca amazónica. (INHAMI, 2026)

2.1.2. *Recursos Hídricos*

De manera general la Amazonía Ecuatoriana se caracteriza por tener una importante disponibilidad de recursos hídricos debido a las altas precipitaciones además debido a la presencia de numerosos sistemas fluviales que forman parte de las cuencas amazónicas.

En la zona se desarrollan diversos ríos, quebradas y fuentes naturales de agua que alimentan el río Putumayo, que es uno de los principales afluentes hacia el río Amazonas. Los cuerpos de agua presentes en la región desempeñan un papel importante en el funcionamiento del ciclo hidrológico local y en la conservación de los ecosistemas propios de la Amazonía. Además, estos recursos hídricos representan una fuente

esencial de agua que sustenta diversas actividades humanas y productivas desarrolladas en el territorio. (Córdoba, Alonso, & Moya, 2006)

Figura 2. Sección transversal típica de vía



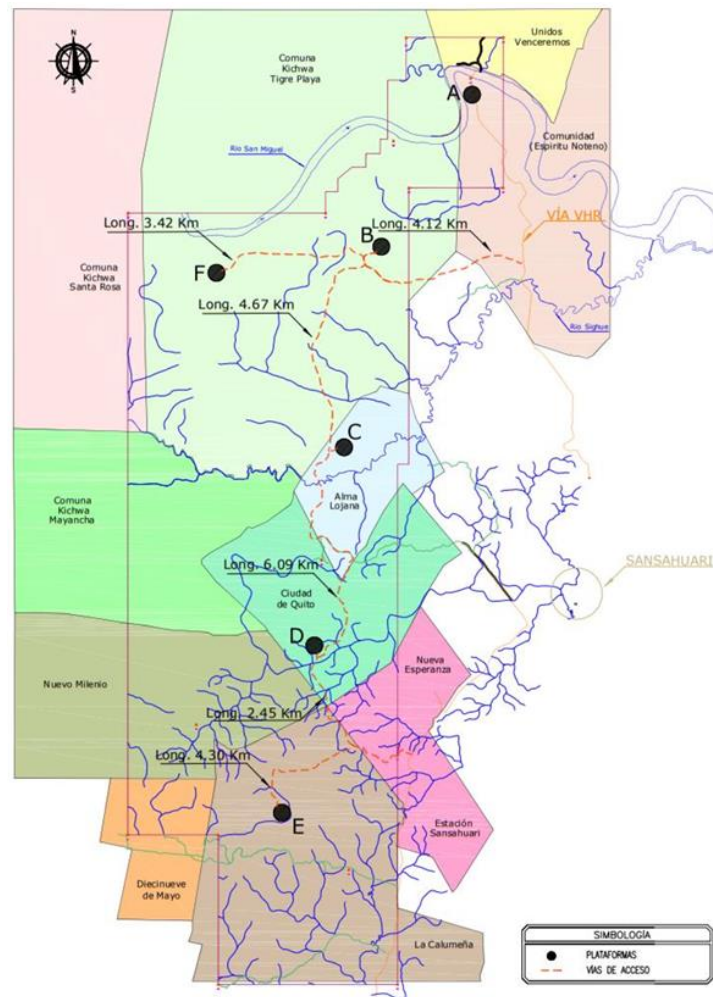
Fuente: El Comercio, 2024.

2.1.3. Límites

El área del proyecto se ubica en la provincia de Sucumbíos, dentro de la región amazónica del Ecuador, y abarca el sector donde se localizan las diferentes plataformas petroleras junto con las vías que permiten su acceso. Hacia el norte, el área se encuentra próxima a la Comuna Kichwa Tigre Playa y al sector conocido como Unidos Venceremos. Por el lado oriental, el proyecto limita con la Comunidad Espíritu Nobeño y con el corredor de la vía VHR, que representa una de las principales rutas de conexión dentro de la zona. En dirección sur, el área de intervención se acerca a los sectores de Nueva Esperanza y a la Estación Sansahuari, mientras que hacia el oeste se encuentran territorios pertenecientes a las comunas Kichwa Santa Rosa y Kichwa Mayancha, además de zonas cercanas al sector de Nuevo Milenio. Dentro de este espacio se distribuyen las plataformas identificadas como A, B, C, D, E y F, las cuales se enlazan

mediante una red de vías de acceso proyectadas que facilitan la comunicación entre los distintos puntos operativos del proyecto.

Figura 3. Límites del proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2026.

2.1.4. Demografía

La zona donde se desarrolla el proyecto presenta una población dispersa, característica de las áreas rurales de la Amazonía ecuatoriana. En los alrededores se encuentran principalmente pequeñas comunidades y asentamientos pertenecientes a pueblos indígenas y pobladores locales, entre los que destacan comunas kichwas como Santa Rosa, Mayancha y Tigre Playa, además de otros sectores comunitarios cercanos. La dinámica poblacional de esta región se relaciona principalmente con actividades

agrícolas de subsistencia, pesca, comercio local y, en algunos casos, con actividades vinculadas al sector petrolero presente en la provincia de Sucumbíos. Debido a la extensión territorial y a las condiciones geográficas propias de la Amazonía, las viviendas suelen encontrarse separadas entre sí y distribuidas a lo largo de vías de acceso o cercanas a ríos y quebradas, lo que genera una baja densidad poblacional en comparación con zonas urbanas. (GOBIERNO MUNICIPAL DE SUCUMBIOS, 2023)

2.2.Consideraciones generales del diseño geométrico vial

El diseño geométrico vial constituye el proceso mediante el cual se define la configuración espacial de una vía en planta, perfil y sección transversal, con el propósito de garantizar condiciones adecuadas de seguridad, comodidad y funcionalidad para el tránsito previsto. Este diseño debe responder tanto a criterios normativos como a las condiciones físicas del entorno donde se implantará la infraestructura. (Molina, 2024)

En proyectos ubicados en zonas rurales o de tipo industrial, como es el caso del sitio del proyecto, el diseño geométrico debe considerar no solo el volumen de tránsito esperado, sino también la tipología de vehículos que circularán por la vía, la topografía del terreno y las condiciones climáticas predominantes.

La normativa ecuatoriana de referencia para el diseño geométrico vial corresponde al Manual de Diseño Geométrico del MTOP 2003, el cual establece parámetros mínimos y criterios técnicos aplicables a diferentes categorías de vías. Aunque el tramo objeto de estudio corresponde a un camino de servicio industrial, los principios establecidos en dicha normativa sirven como marco técnico para la definición de parámetros de diseño.

De manera alternativa también se pueden utilizar las Normas Ecuatorianas Viales NEVI-12 en las cuales se establecen directrices técnicas, políticas y

procedimientos obligatorios establecidos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para el estudio, diseños, construcción y mantenimientos viales.

2.3. Fundamentos normativos del diseño geométrico vial

El diseño geométrico de una vía no responde únicamente a criterios constructivos, sino que se fundamenta en lineamientos normativos que establecen parámetros mínimos y recomendados para garantizar seguridad, funcionalidad y uniformidad en la red vial. En el contexto nacional, la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) establece criterios de clasificación vial, rangos de velocidad de diseño, pendientes máximas, radios mínimos de curvatura y características de las secciones transversales. (Bravo, 2025)

La clasificación funcional de una vía se determina principalmente en función del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) proyectado al horizonte de diseño. Esta clasificación condiciona directamente los parámetros geométricos adoptados. En vías de bajo volumen vehicular, como caminos vecinales, se permite trabajar con velocidades de diseño moderadas y radios de curvatura menores, siempre que se garantice estabilidad y visibilidad adecuadas.

El horizonte de diseño representa el periodo para el cual se proyecta la infraestructura, comúnmente entre 10 y 20 años en caminos secundarios o internos. Este criterio permite anticipar el crecimiento del tránsito y evitar que la vía quede subdimensionada en el corto plazo.

2.4. Clasificación funcional de la vía

Las vías pueden clasificarse según su función dentro de la red de transporte, su volumen de tránsito y el tipo de servicio que prestan. En el caso del tramo comprendido entre la Plataforma B y la Plataforma F, se trata de una vía interna de carácter industrial,

cuya función principal es permitir la circulación de maquinaria pesada, vehículos de abastecimiento y transporte operativo.

Las normas del MTOP 2003 clasifican las vías según la cantidad de tránsito proyectado y según su función:

Desde el punto de vista funcional, este tipo de vía se asimila a caminos de bajo volumen de tránsito, donde la velocidad de operación es moderada y el diseño debe priorizar la adaptabilidad al terreno y la estabilidad estructural sobre la alta velocidad.

Tabla 1. Clasificación de carreteras según el tráfico proyectado (MTOP-2003)

Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA (veh/día)
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Fuente: MTOP, 2003.

Tabla 2. Clasificación de carreteras según su función (MTOP-2003)

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA (según MOP)	TPDA (Año final de diseño)
Corredor Arterial	RI - RII	>8000
	I	3000 – 8000
Colectora	II	1000 – 3000
	III	300 – 1000
Vecinal	IV	100 – 300
	V	<100

Fuente: MTOP, 2003.

2.5.Determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) constituye uno de los parámetros fundamentales en el diseño vial, ya que permite estimar el volumen de vehículos que circularán por una vía durante su vida útil. A partir de este indicador se establecen criterios de clasificación funcional, velocidad de diseño y parámetros geométricos asociados al trazado.

Para la estimación del tránsito en el tramo comprendido entre la Plataforma B y la Plataforma F, se consideró una metodología basada en conteos manuales directos en campo, debido a que se trata de una vía interna con bajo volumen vehicular y sin estaciones permanentes de aforo.

2.5.1. Procedimiento de conteo vehicular

Los conteos se realizaron durante tres días consecutivos en jornada laboral, seleccionando un periodo representativo de operación normal del bloque. Se escogieron días entre semana para evitar variaciones atípicas asociadas a fines de semana o eventos extraordinarios.

El registro se efectuó en intervalos horarios de una hora, cubriendo un periodo comprendido entre las 06h00 y las 18h00, que corresponde al horario de mayor actividad operativa. Se utilizó un formato de clasificación vehicular diferenciando:

- Vehículos livianos (camionetas y automóviles)
- Vehículos medianos
- Vehículos pesados (camiones de abastecimiento y maquinaria de apoyo)

Cada hora se registró el número de vehículos por categoría, lo que permitió identificar las horas pico y el comportamiento promedio diario del tránsito.

2.5.2. Cálculo del tránsito promedio diario (TPD)

Con los datos obtenidos en campo se determinó el Tránsito Promedio Diario (TPD) mediante el promedio aritmético de los volúmenes registrados en los días evaluados.

Posteriormente, al tratarse de una vía interna cuya operación se mantiene relativamente constante durante el año, se asumió que el comportamiento diario es representativo del promedio anual, por lo que el valor obtenido se consideró como base para el cálculo del TPDA inicial.

2.5.3. Proyección del tránsito

Para estimar el tránsito futuro se considera un horizonte de diseño de diez años, acorde con la naturaleza del proyecto. Se consideró una tasa de crecimiento anual del 4%, valor razonable para caminos asociados a actividades operativas con crecimiento moderado.

La proyección se realizó aplicando el modelo de crecimiento compuesto:

$$TPDA_f = TPDA_i(1 + i)^n$$

Donde:

- TPDA_f es el tránsito proyectado al final del periodo de diseño,
- TPDA_i es el tránsito inicial obtenido del conteo
- *i* es la tasa de crecimiento anual,
- *n* es el número de años del horizonte de diseño.

Este procedimiento permitió estimar el volumen vehicular esperado al término del periodo considerado y, con base en dicho resultado, clasificar la vía conforme a la normativa vigente.

2.5.4. Análisis del comportamiento del tránsito

El análisis de los registros horarios evidenció que el mayor volumen se concentra en la mañana, coincidiendo con el ingreso de personal y abastecimiento. Durante las horas de la tarde el flujo disminuye progresivamente. No se identificaron picos críticos que requieran ampliaciones de capacidad ni se observaron variaciones abruptas entre días evaluados, lo que confirma el carácter estable del tránsito en el tramo.

Dado que el volumen proyectado se mantiene por debajo de los límites establecidos para categorías superiores, la vía fue clasificada como Clase V, correspondiente a un camino vecinal de bajo volumen vehicular.

2.6. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es el parámetro fundamental del diseño geométrico, ya que condiciona la magnitud de los radios de curvatura, la longitud de curvas verticales y los criterios de visibilidad.

En caminos industriales o de servicio ubicados en zonas rurales con tránsito controlado, la velocidad de diseño suele oscilar entre 30 y 50 km/h, dependiendo de las condiciones topográficas. En terrenos ondulados o con pendientes pronunciadas, se adoptan velocidades menores con el fin de garantizar seguridad y reducir el impacto del movimiento de tierras. (Guerrero, S.f)

La selección de la velocidad de diseño debe considerar:

- Tipo de vehículos predominantes (camiones pesados).
- Condiciones climáticas (alta pluviosidad).
- Longitud del tramo.
- Topografía existente.

Una adecuada definición de este parámetro permitirá establecer radios mínimos de curvatura y pendientes compatibles con la operación segura de la vía.

2.7. Diseño de alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal está conformado por tangentes y curvas circulares que definen la trayectoria del eje vial en planta. El radio mínimo de una curva horizontal depende de la velocidad de diseño y del peralte adoptado. A menores velocidades, los

radios pueden reducirse, siempre que se garantice estabilidad lateral del vehículo y adecuada evacuación de aguas superficiales.

En caminos de servicio, el uso de curvas circulares simples suele ser suficiente, procurando:

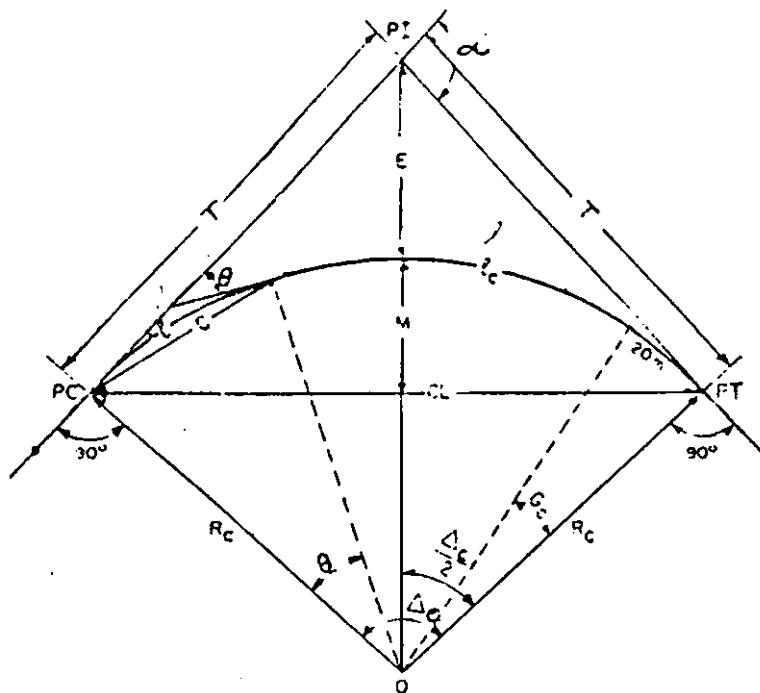
- Adaptar el eje a la topografía natural.
- Reducir cortes excesivos.
- Evitar pendientes transversales desfavorables.

El diseño horizontal debe además considerar la continuidad visual y la comodidad de conducción, evitando cambios bruscos de dirección.

2.7.1. Curvas circulares simple

En el alineamiento horizontal a una curva circular simple se la define como aquella compuesta por un arco y un radio. Se muestra a continuación la forma típica de una curva circular simple (MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, 2003):

Figura 4. Curvas circulares simples



Fuente: MOP,2003.

Donde:

PI Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PC Punto en donde empieza la curva simple

PT Punto en donde termina la curva simple

α Ángulo de deflexión de las tangentes

Δ_c Ángulo central de la curva circular

θ Ángulo de deflexión a un punto sobre la curva circular

Gc Grado de curvatura de la curva circular

Rc Radio de la curva circular

T Tangente de la curva circular o subtangente

E Externa

M Ordenada media

C Cuerda

CL Cuerda larga

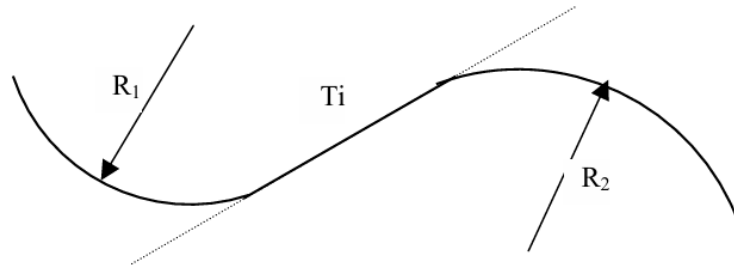
l Longitud de un arco

lc Longitud de la curva circular

2.7.2. Curva de inflexión o curva reversa

Se trata de una curva con forma de “S” que conecta dos tramos con curvaturas en direcciones opuestas. En determinadas situaciones es posible que la tangente intermedia sea nula, es decir, que $T_i=0$, lo que implica que no existe un tramo recto entre ambas curvas (MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, 2003).

Figura 5. Curva de inflexión

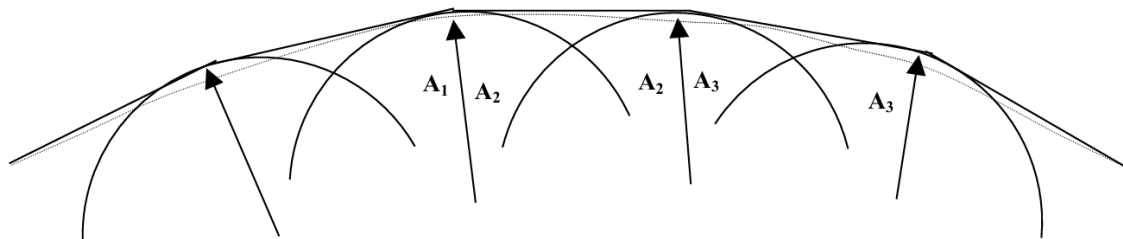


Fuente: MOP,2003.

2.7.3. *Serie de espirales o serie de clotoides*

Corresponde a una serie de arcos que poseen diferentes parámetros, cuya curvatura se desarrolla en una misma dirección y aumenta de manera progresiva. Estos arcos se enlazan mediante tangentes comunes y mantienen una continuidad en la curvatura entre cada par de arcos consecutivos (MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, 2003).

Figura 6. Serie de espirales



Fuente: MOP,2003.

2.8. Geometría del alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal corresponde a la proyección en planta del eje de la vía y se compone de tramos rectos y curvas. Su diseño busca asegurar transiciones suaves entre tangentes, evitando cambios bruscos de dirección que puedan afectar la seguridad del usuario (Hudiel, 2011).

Uno de los parámetros fundamentales en el diseño horizontal es el radio mínimo de curvatura, el cual depende de la velocidad de diseño, el peralte adoptado y el

coeficiente de fricción lateral entre el neumático y la superficie de rodadura. De forma general, el radio puede estimarse mediante la expresión:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

donde V corresponde a la velocidad de diseño en km/h, e al peralte expresado en forma decimal y f al coeficiente de fricción lateral admisible.

Radios menores implican mayores exigencias en términos de estabilidad y visibilidad. Por esta razón, aun cuando la normativa establece valores mínimos permisibles, en la práctica se procura adoptar radios superiores cuando la topografía lo permite.

El diseño horizontal no se limita al cumplimiento de valores numéricos; también considera el confort dinámico, la percepción del conductor y la coherencia del trazado en su conjunto.

2.9. Diseño del perfil longitudinal

El perfil longitudinal constituye la representación vertical del eje proyectado y permite definir la rasante de la vía en función del terreno natural. Su correcta configuración es determinante para el comportamiento operativo de la carretera, especialmente en tramos donde se prevé la circulación frecuente de vehículos pesados. La definición de pendientes longitudinales debe responder tanto a criterios normativos como a las condiciones topográficas reales del corredor vial. (Vega & Redrobán, 2024)

En zonas de topografía ondulada o con presencia de laderas suaves, como ocurre en sectores amazónicos, el diseño del perfil longitudinal requiere un equilibrio entre la adaptación al relieve natural y la necesidad de mantener pendientes compatibles con la capacidad de ascenso y descenso de camiones de carga. Pendientes excesivas pueden comprometer la seguridad en descensos prolongados, mientras que pendientes


demasiado suaves podrían generar movimientos de tierra innecesarios y elevación artificial de la rasante.

Desde el punto de vista hidráulico, el perfil longitudinal también influye en el comportamiento del drenaje superficial. Una rasante adecuadamente definida permite conducir el agua hacia los puntos de descarga sin generar acumulaciones que deterioren la superficie de rodadura o afecten la estabilidad de los taludes laterales. Por ello, el diseño vertical no puede analizarse de manera aislada del sistema de drenaje, sino como parte integral del conjunto geométrico de la vía.

Asimismo, la transición entre pendientes debe realizarse de manera progresiva, evitando cambios bruscos que afecten la comodidad y estabilidad del vehículo. Aunque en caminos de servicio industrial no se exige el mismo nivel de confort que en vías de alta velocidad, sí es indispensable garantizar continuidad geométrica y condiciones seguras de operación.

Tanto para el diseño del alineamiento horizontal y del perfil longitudinal las normas MTOP 2003 establece criterios de diseño en función de la velocidad de diseño como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción (MTOP-2003)

	República del Ecuador MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS										VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN																																																																
	NORMAS	CLASE I 3 000 - 8 000 TPDA ⁽¹⁾					CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾					CLASE III 300 - 1 000 TPDA ⁽¹⁾					CLASE IV 100 - 300 TPDA ⁽¹⁾					CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾																																																					
		RECOMENDABLE		ABSOLUTA			RECOMENDABLE		ABSOLUTA			RECOMENDABLE		ABSOLUTA			RECOMENDABLE		ABSOLUTA			RECOMENDABLE		ABSOLUTA																																																			
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M																																													
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽³⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽³⁾																																													
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 ⁽³⁾																																													
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25																																													
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	150	110	110																																													
Peralte	MÁXIMO = 10%															10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)																																																											
Coefficiente "K" para: ⁽²⁾																																																																											
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2																																													
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3																																													
Gradiente longitudinal ⁽³⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14																																													
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%																																																																										
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00					4,00 ⁽⁵⁾																																																			
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón															Carpeta Asfáltica															Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.															D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado															Capa Granular o Empedrado														
Ancho de espaldones ⁽⁵⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)															---																																									
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0																																																																										
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0																																																																										
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																																																										
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																																																																										
	Ancho de la calzada (m) SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																																																										
	Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾ 0,50 m mínimo a cada lado																																																																										
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																																																										
LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																																																											

Fuente: MTOP, 2003.

2.10. Sección transversal típica

La sección transversal representa el corte perpendicular al eje vial y define la configuración física de la vía en términos de ancho de calzada, pendientes transversales, bermas, taludes y elementos de drenaje lateral. En caminos de carácter industrial o de bajo volumen de tránsito, la sección transversal debe priorizar funcionalidad, estabilidad y capacidad de evacuación de aguas.

El ancho de calzada se determina en función del tipo de vehículos que circularán por la vía. En contextos donde se prevé el tránsito de maquinaria pesada y camiones de abastecimiento, la sección debe permitir circulación bidireccional controlada o, en su defecto, contar con áreas de cruce estratégicamente ubicadas. La definición del ancho no responde únicamente a criterios de tránsito, sino también a consideraciones de seguridad operacional. (Cal, Leach, & Cardenas, 2018)

La pendiente transversal de la calzada cumple una función esencial en la evacuación del agua superficial. Una inclinación adecuada hacia los bordes facilita el escurrimiento rápido del agua hacia las cunetas, reduciendo el riesgo de infiltración y deterioro prematuro del material de rodadura. En regiones de alta pluviosidad, este aspecto adquiere mayor relevancia, pues la acumulación de agua sobre la superficie puede comprometer la estabilidad del suelo de fundación.

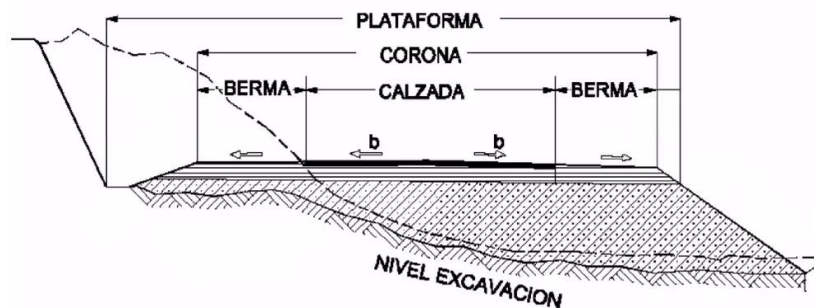
Los taludes laterales de corte y relleno deben definirse considerando la naturaleza del suelo existente y las condiciones de saturación propias del entorno. Taludes excesivamente inclinados pueden generar inestabilidad, mientras que taludes muy tendidos incrementan la ocupación del terreno y el volumen de movimiento de tierras. La selección del ángulo adecuado responde a criterios geotécnicos y constructivos.

2.11. Drenaje superficial en zonas de alta pluviosidad

El drenaje superficial constituye uno de los factores más críticos en el diseño vial en regiones amazónicas. La elevada precipitación anual y la presencia frecuente de escorrentías naturales obligan a incorporar soluciones que permitan conducir el agua de manera controlada y evitar su acumulación en la estructura vial.

El diseño geométrico debe contemplar pendientes transversales suficientes y una rasante que favorezca el escurrimiento longitudinal hacia puntos de descarga definidos. Las cunetas laterales cumplen la función de recolectar y transportar el agua proveniente de la calzada y de los taludes adyacentes. Su ubicación, forma y pendiente deben ser coherentes con el perfil longitudinal proyectado.

Figura 7. Sección transversal típica de vía



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Según (Huang, 2004), en suelos arcillosos o con baja capacidad de drenaje, la permanencia prolongada del agua puede disminuir significativamente la resistencia del terreno, por lo que el drenaje superficial resulta fundamental para proteger la estructura del pavimento y mantener la estabilidad de la vía.

El diseño geométrico debe, por tanto, integrar el drenaje como un componente estructural del proyecto y no como un elemento accesorio posterior.

2.12. Movimiento de tierras y adaptación al relieve natural

El movimiento de tierras es una consecuencia directa del trazado geométrico adoptado. Cada decisión relacionada con el alineamiento horizontal y vertical influye en la magnitud de cortes y rellenos requeridos para materializar la vía. En zonas de topografía variable, un trazado que ignore la morfología del terreno puede generar volúmenes excesivos de excavación o relleno, incrementando costos y riesgos de inestabilidad.

Uno de los principios del diseño geométrico es adaptar el trazado vial a la topografía natural del terreno para minimizar alteraciones del entorno y mantener condiciones estables en la vía (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2018).

El equilibrio entre cortes y rellenos también influye en la estabilidad constructiva. Rellenos mal compactados o apoyados sobre suelos saturables pueden generar asentamientos diferenciales, mientras que cortes profundos en suelos cohesivos pueden presentar fallas por deslizamiento si no se consideran adecuadamente las condiciones geotécnicas. (Zambrano & Peralta, 2024)

2.13. Integración del diseño geométrico con las condiciones operativas del proyecto

El diseño de una vía interna en un bloque industrial no responde únicamente a criterios académicos de geometría vial, sino también a necesidades operativas específicas. El tránsito de equipos pesados, el transporte de materiales y la frecuencia de circulación condicionan la selección de parámetros geométricos. (Sarango & Vázquez, 2024)

En el caso del tramo escogido para el estudio, el entorno amazónico impone restricciones adicionales relacionadas con la pluviosidad, la naturaleza del suelo y la

sensibilidad ambiental del área. El diseño debe armonizar estos factores, garantizando que la vía cumpla su función logística sin comprometer estabilidad ni generar impactos innecesarios.

El fundamento teórico expuesto en este capítulo establece los criterios técnicos que servirán como base para el desarrollo del diseño geométrico en el capítulo siguiente. Cada parámetro que se adopte deberá justificarse en función de estos principios, asegurando coherencia entre teoría y aplicación práctica.

Una vez que se han expuesto criterios técnicos que permitirán desarrollar el presente trabajo es importante citar otras definiciones relacionadas con el diseño vial.

2.14. Levantamiento Topográfico

Es importante conocer el significado de levantamiento topográfico. Según, Vargas (2023) es el “Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar la posición de puntos en el espacio y su representación en un plano”, (p. 2). Su aplicación permite obtener información precisa sobre el terreno existente, lo que es esencial para el diseño, la planificación, la construcción y el control de calidad de las obras. La realización de levantamientos topográficos de calidad contribuye a garantizar un mejoramiento de vías eficiente, seguro y económico lo cual permite la representación gráfica del proyecto en el programa CivilCad.

2.15. Peraltes

El peralte es un elemento imprescindible de la seguridad vial, ya que permite que los vehículos tomen las curvas de manera segura y cómoda. Según Vergara, Villalba, y Vargas (2012), “Se define la rampa de peraltes como la diferencia relativa que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de la misma” (p. 77). Dicha inclinación tiene como objetivo contrarrestar la

fuerza centrífuga que actúa sobre los vehículos al tomar un giro. Esta fuerza, que surge como consecuencia de la inercia del vehículo, tiende a desplazarlo hacia el exterior de la curva, lo que podría ocasionar accidentes como derrapes o vuelcos.

2.16. Red vial

La red vial es un sistema interconectado de carreteras, calles, caminos y autopistas que permite el desplazamiento de personas y mercancías de un lugar a otro. Constituye la infraestructura física que facilita el transporte terrestre y la comunicación entre diferentes áreas geográficas, ya sean regiones, ciudades, pueblos o comunidades. Su diseño y construcción se basan en criterios técnicos y de ingeniería para garantizar la seguridad vial, la eficiencia del transporte y el acceso adecuado a los diferentes destinos.

La red vial desempeña un papel crucial en el desarrollo económico y social de una región, ya que facilita el comercio, el turismo, el acceso a servicios básicos, el transporte de emergencia, entre otros aspectos. Además, puede influir en la calidad de vida de las personas al proporcionar una conexión fluida y segura entre lugares, reducir tiempos de viaje y mejorar la movilidad en general. (Pérez, 2020)

2.17. Estudios De Suelo

El estudio de suelo es una evaluación de la composición, estructura y propiedades físicas y químicas del suelo para determinar su aptitud para un uso específico, se llevan a cabo para determinar si un suelo es adecuado para la construcción de carreteras, vías y otras infraestructuras. También se utilizan para determinar la estabilidad de los terraplenes, la resistencia de los suelos a la erosión y la capacidad de drenaje, la resistencia de los suelos a la compresión, tracción, penetración, la erosión, al deslizamiento, la humedad, y la resistencia a la corrosión.

Los estudios de suelo también se utilizan para determinar la cantidad de materiales necesarios para la construcción de carreteras, vías y otras infraestructuras y otros proyectos de ingeniería civil.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo se enmarca dentro de una investigación de carácter aplicado, ya que no busca generar teoría nueva, sino utilizar principios y criterios existentes del diseño vial para resolver una necesidad específica del proyecto. En este caso, el propósito es desarrollar el diseño geométrico del tramo comprendido entre la Plataforma B y la Plataforma F, tomando como base información técnica real del sector.

La investigación también puede considerarse de tipo descriptivo–analítica, debido a que parte del estudio de las condiciones topográficas y operativas del corredor vial, para posteriormente aplicar criterios normativos y técnicos que permitan definir un trazado que sea técnicamente el más adecuado. No se trata de un análisis estadístico complejo ni de una investigación experimental, sino de un proceso técnico fundamentado en la ingeniería vial.

3.3. Método

El desarrollo del diseño se realizará siguiendo un método técnico–analítico. En primer lugar, se estudiarán las características físicas del terreno a partir de la información topográfica disponible. Posteriormente, se aplicarán los criterios establecidos en la normativa vial vigente para definir los parámetros geométricos que regirán el diseño.

Este proceso implica partir de condiciones reales del terreno y, a partir de ellas, tomar decisiones técnicas sustentadas. Es decir, se analiza el entorno físico existente y luego se deduce el trazado más conveniente en función de los límites normativos y las necesidades operativas del proyecto.

3.4. Técnicas de recolección de información

Para el desarrollo del trabajo se utilizó información técnica generada previamente en el proyecto, especialmente planos topográficos, perfiles longitudinales y datos relacionados con el diseño estructural del pavimento. Esta información permitió contar con una base confiable sobre la cual desarrollar el diseño geométrico.

Asimismo, se revisó normativa vial vigente aplicable a caminos de bajo volumen de tránsito, con el fin de establecer parámetros como velocidad de diseño, radios mínimos de curvatura y pendientes máximas admisibles. La combinación de información técnica existente y criterios normativos permitió estructurar el proceso de diseño de manera coherente.

3.5. Proceso Técnico

3.5.1. Conteo vehicular

Para la estimación del tránsito, se optó por realizar conteos manuales directos en campo, lo anterior debido a que la vía se trata de una interna de uso industrial, donde no existen estaciones de aforo y la afluencia vehicular depende estrictamente de la dinámica de operación del lugar.

Se realizaron conteos durante tres días consecutivos en jornada laboral, en los horarios de 6h00 hasta las 18h00, este periodo es considerado de mayor actividad dentro del proyecto. Esta decisión responde a la necesidad de tener decisiones reales de operación.

Los días y horario de conteo están justificados por la normativa correspondiente específicamente lo relacionado con el Manual de Diseño Geométrico del MTOP (2003), el cual establece que en caminos vecinales o de características similares es posible

trabajar con conteos manuales en periodos cortos, siempre que estos sean representativos del comportamiento habitual del tránsito.

Por otro lado, las normas NEVI-12 establece que para el caso de vías de bajo volumen de tránsito se realicen registros directos siempre que reflejen de manera adecuada las condiciones reales de circulación. Bajo este enfoque, la información levantada en campo resulta suficiente para describir el comportamiento del tránsito, considerando que se trata de una vía interna donde la movilidad está directamente relacionada con las actividades operativas del proyecto, lo que reduce la necesidad de realizar campañas de medición más extensas.

3.5.2. Topografía

El análisis topográfico constituye el punto de partida del diseño geométrico. A partir de los datos planimétricos y altimétricos del tramo, se identificaron las variaciones del relieve, las pendientes naturales y las zonas donde podrían generarse cortes o rellenos significativos.

La interpretación del terreno permitió comprender cómo se comporta el corredor vial y cuáles son las limitaciones físicas que deben considerarse al momento de trazar el eje. Este análisis resulta fundamental, ya que un diseño que ignore la topografía puede generar volúmenes excesivos de movimiento de tierras o problemas de estabilidad en etapas posteriores.

3.5.3. Ubicación del tramo de intervención

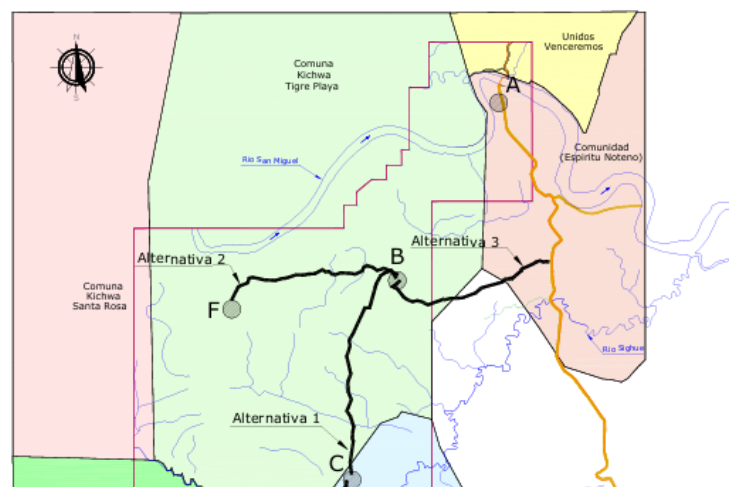
Para definir con claridad el área de estudio se identificó la ubicación de las plataformas involucradas dentro del Bloque 90 – Sahino. En la Figura X se presenta el esquema general del sector, donde se observa la distribución espacial de las diferentes plataformas y las alternativas de conexión analizadas.

La Plataforma B se localiza en el sector norte del bloque, mientras que la Plataforma F se encuentra hacia el costado occidental del mismo. El tramo objeto del presente estudio corresponde al corredor interno que conecta directamente estos dos puntos, formando parte de la red vial operativa utilizada para la movilización de personal, equipos y abastecimiento.

En el plano se distinguen también otras plataformas y comunidades cercanas, así como la red hidrográfica del sector, lo que permite entender el contexto territorial en el cual se emplaza la vía. Esta representación gráfica facilita la comprensión del alcance real del proyecto y permite visualizar la relación entre el trazado propuesto y su entorno inmediato.

La delimitación del tramo se estableció con base en coordenadas obtenidas del levantamiento topográfico, asegurando que el diseño geométrico se desarrolle únicamente sobre el segmento que garantiza la conectividad funcional entre la Plataforma B y la Plataforma F.

Figura 8. Ubicación del tramo de intervención.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

3.5.4. Caracterización del tránsito previsto

El tránsito considerado para el diseño se basa en los parámetros adoptados dentro del proyecto para el cálculo estructural de la capa de rodadura. Se tomó como referencia un TPDA inicial de 43 vehículos por día y una proyección con una tasa de crecimiento anual del 4% durante un periodo de 10 años, obteniéndose un TPDA final aproximado de 65 vehículos diarios.

Este nivel de tránsito corresponde a una vía de bajo volumen, donde predomina la circulación de vehículos asociados a la operación industrial del bloque. La caracterización del tránsito permitió clasificar la vía dentro de una categoría acorde a su función, lo cual influye directamente en la selección de la velocidad de diseño y demás parámetros geométricos.

3.5.5. Sistema de drenaje

Dado que el tramo se ubica en una zona de alta pluviosidad, el drenaje superficial fue considerado como parte integral del diseño geométrico. Se analizaron las pendientes naturales del terreno y la dirección de escurrimiento del agua, con el objetivo de evitar acumulaciones sobre la calzada.

La definición de pendientes transversales y la disposición de cunetas laterales responden a la necesidad de evacuar adecuadamente el agua de lluvia. En este tipo de entorno, el manejo del agua no es un aspecto secundario, sino un elemento determinante para la durabilidad y estabilidad de la vía.

3.5.6. Diseño geométrico horizontal

El alineamiento horizontal se definió tomando en cuenta la topografía del sector y los parámetros derivados de la velocidad de diseño adoptada. Se buscó que el eje vial se

adapte en la medida de lo posible al relieve natural, evitando cambios bruscos de dirección y reduciendo intervenciones innecesarias en el terreno.

Los radios de curvatura se establecieron verificando que cumplan con los valores mínimos permitidos para la velocidad seleccionada. De esta manera, se garantiza que el tránsito previsto pueda circular con seguridad dentro de las condiciones propias del proyecto.

3.5.7. Diseño geométrico vertical

El diseño vertical se desarrolló a partir del perfil del terreno natural, definiendo una rasante que permita mantener pendientes compatibles con la operación de vehículos pesados. Se buscó evitar pendientes excesivas que puedan dificultar la circulación o generar problemas de erosión.

El perfil longitudinal fue ajustado procurando un equilibrio entre adaptación al terreno y reducción de volúmenes de corte y relleno. Además, se verificó que las pendientes favorezcan el drenaje longitudinal del agua hacia puntos de descarga controlados.

3.5.8. Condiciones geotécnicas

Las características del suelo influyen directamente en la estabilidad de taludes y en el comportamiento estructural de la vía. A partir de los valores de CBR considerados en el diseño estructural del proyecto, se analizaron las condiciones del terreno natural del tramo.

En sectores donde los suelos presentan baja capacidad portante, se consideró la necesidad de espesores mayores en la capa de rodadura o mejoramientos del terreno. Estas condiciones fueron tomadas en cuenta para asegurar que el diseño geométrico sea compatible con la realidad geotécnica del sector.

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

4.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico del tramo comprendido entre la Plataforma B y la Plataforma F constituye el punto de partida para el desarrollo del diseño geométrico. Antes de plantear cualquier trazado, fue necesario conocer con precisión las condiciones reales del terreno, ya que la configuración del relieve influye directamente en la definición del eje, la rasante y los volúmenes de movimiento de tierras.

Para ello, se recopiló la información planimétrica y altimétrica del corredor vial, estableciendo puntos de referencia que permitieran ubicar con exactitud cada elemento dentro del área de estudio. El levantamiento consideró la obtención de coordenadas horizontales y cotas del terreno natural, lo que permitió representar gráficamente la superficie existente y analizar sus variaciones de nivel.

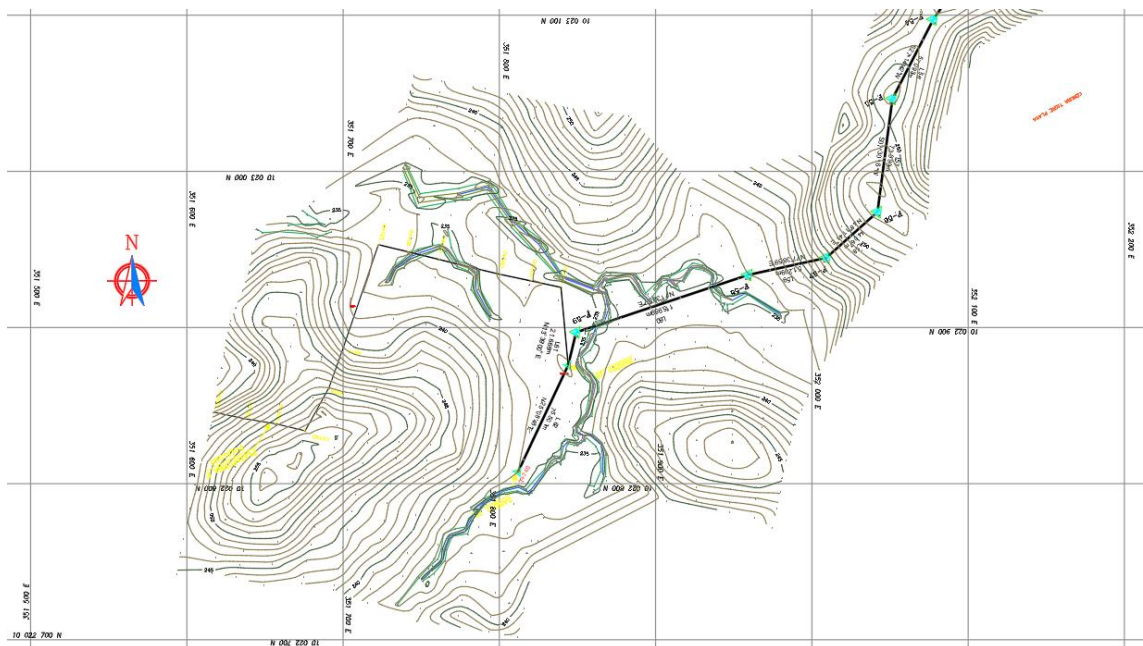
Figura 9. Levantamiento topográfico.



Fuente: El Autor.

Una vez procesados los datos, se generaron curvas de nivel y perfiles longitudinales que facilitaron la interpretación del comportamiento altimétrico del tramo. A través de esta representación fue posible identificar sectores con pendientes más pronunciadas, zonas relativamente planas y puntos donde se producen cambios graduales de elevación. Esta información resultó fundamental para comprender cómo debe adaptarse el diseño a las condiciones naturales del sitio.

Figura 10. Ejemplo faja topográfica.



Fuente: El Autor.

El análisis topográfico permitió además estimar pendientes naturales predominantes y reconocer posibles áreas donde podrían requerirse cortes o rellenos. Considerar estos aspectos desde el inicio evita que el diseño geométrico se plantee de manera aislada del terreno, lo cual podría generar soluciones poco viables en la etapa constructiva.

En consecuencia, el levantamiento topográfico no solo proporciona datos de ubicación y altura, sino que orienta las decisiones posteriores del diseño. La correcta

interpretación del relieve permite que el trazado propuesto mantenga coherencia con el entorno físico y reduzca intervenciones innecesarias sobre el terreno natural.

4.3.Tránsito previsto

Para el desarrollo del diseño geométrico del tramo comprendido entre la Plataforma B y la Plataforma F fue necesario estimar el tránsito previsto que circulará por la vía durante su periodo de servicio. Dado que se trata de un acceso interno vinculado a actividades operativas del bloque petrolero, el tránsito esperado es limitado y está conformado principalmente por vehículos livianos, camionetas de supervisión, camiones de abastecimiento y ocasionalmente maquinaria pesada.

El conteo vehicular se desarrolló durante los días 5,6 y 7 de enero en los horarios de 06h00 y 18h00. Se empleó la metodología manual directa es decir se identificaba visualmente los vehículos y se realizaba el correspondiente registro. Se contabilizó en intervalos de una hora.

Figura 11. Sitio de conteo vehicular.



Fuente: El Autor.

A continuación, se muestran los resultados de los conteos:

Tabla 4. Datos del conteo 05 de enero de 2026

05 de enero de 2026				
Hora	Vehículos livianos	Vehículos medianos	Vehículos pesados	Total
06:00 – 07:00	2	1	2	5
07:00 – 08:00	0	1	2	3
08:00 – 09:00	3	1	2	6
09:00 – 10:00	0	1	1	2
10:00 – 11:00	2	1	1	4
11:00 – 12:00	2	1	1	4
12:00 – 13:00	1	1	1	3
13:00 – 14:00	1	1	1	3
14:00 – 15:00	1	1	1	3
15:00 – 16:00	2	1	1	4
16:00 – 17:00	0	1	1	2
17:00 – 18:00	1	0	1	2
TOTAL				41

Fuente: Elaboración propia, 2026

Tabla 5. Datos del conteo 06 de enero de 2026

06 de enero de 2026				
Hora	Vehículos livianos	Vehículos medianos	Vehículos pesados	Total
06:00 – 07:00	2	1	1	4
07:00 – 08:00	2	1	2	5

08:00 – 09:00	2	1	2	5
09:00 – 10:00	2	1	1	4
10:00 – 11:00	2	1	1	4
11:00 – 12:00	2	1	1	4
12:00 – 13:00	1	1	1	3
13:00 – 14:00	2	1	1	4
14:00 – 15:00	2	1	1	4
15:00 – 16:00	0	1	1	2
16:00 – 17:00	2	1	1	4
17:00 – 18:00	0	0	1	1
TOTAL				44

Fuente: Elaboración propia, 2026

Tabla 6. Datos del conteo 07 de enero de 2026

07 de enero de 2026				
Hora	Vehículos livianos	Vehículos medianos	Vehículos pesados	Total
06:00 – 07:00	2	1	1	4
07:00 – 08:00	0	1	2	3
08:00 – 09:00	0	1	2	3
09:00 – 10:00	2	1	1	4
10:00 – 11:00	2	1	1	4
11:00 – 12:00	2	1	1	4
12:00 – 13:00	1	1	1	3
13:00 – 14:00	2	1	1	4

14:00 – 15:00	2	1	1	4
15:00 – 16:00	2	1	1	4
16:00 – 17:00	2	1	1	4
17:00 – 18:00	1	0	1	2
<i>TOTAL</i>				<i>43</i>

Fuente: Elaboración propia, 2026

A partir del análisis de los conteos realizados durante los tres días de muestreo, se pudo identificar un comportamiento consistente del tránsito a lo largo de la jornada. Las horas pico se concentran principalmente entre las 07h00 y las 09h00, periodo en el cual se registran los mayores volúmenes vehiculares, asociados al inicio de actividades y al ingreso de personal y abastecimiento al área de operación. En contraste, las horas valle se presentan en el intervalo comprendido entre las 16h00 y las 18h00, donde se observa una disminución progresiva del flujo vehicular, coincidiendo con la finalización de la jornada laboral. Esta tendencia se repite de manera similar en los tres días analizados, lo que permite considerar estos rangos horarios como representativos del comportamiento del tránsito en el tramo estudiado.

Es importante señalar que, si bien el periodo de conteo corresponde a tres días consecutivos, los resultados obtenidos muestran una variación mínima entre jornadas, lo que evidencia un comportamiento estable del tránsito propio de vías de carácter industrial. Bajo este contexto, y conforme a los lineamientos del MTOP (2003) y NEVI-12 para vías de bajo volumen, se considera que la muestra es representativa del comportamiento real del flujo vehicular. En este sentido, se adopta como criterio de análisis que las horas pico corresponden a los intervalos con mayor volumen horario registrado dentro del periodo de estudio, mientras que las horas valle se definen como

aquellos intervalos con menor flujo vehicular. Este procedimiento resulta adecuado para caracterizar la dinámica del tránsito en el tramo analizado.

Con los datos obtenidos se calculó el tránsito actual como el promedio del conteo diario.

Tabla 7. Tránsito actual

05 de enero de 2026	41
06 de enero de 2026	44
07 de enero de 2026	43
PROMEDIO	43

Fuente: Elaboración propia, 2026

Como punto de partida se considera un TPDA inicial de 43 vehículos por día. Considerando que la actividad del proyecto puede incrementarse progresivamente, se asumió una tasa de crecimiento anual del 4% y un periodo de análisis de 10 años. Bajo estas condiciones, el tránsito proyectado al final del periodo alcanza aproximadamente 65 vehículos diarios.

$$Tf = To * (1 + r)^n$$

Donde:

Tf es el tránsito futuro

r es la tasa de crecimiento

n el periodo de diseño

El volumen obtenido permite clasificar la vía dentro de una categoría de bajo tránsito, lo cual es coherente con su función como acceso industrial y no como carretera pública de conexión regional. Esta clasificación influye directamente en la selección de

los parámetros geométricos adoptados en el diseño, especialmente en lo referente a velocidad de diseño, radios mínimos de curvatura y configuración de la sección transversal.

Aunque el volumen total de vehículos es reducido, la presencia de unidades de mayor tamaño requiere considerar condiciones adecuadas de seguridad y maniobrabilidad. En este sentido, el análisis del tránsito no se limita únicamente al número de vehículos, sino que incorpora también la tipología y características operativas de las unidades que utilizarán la vía.

En consecuencia, la estimación del tránsito constituye un elemento clave para definir el nivel de servicio esperado del tramo y establecer parámetros geométricos acordes a su función operativa dentro del proyecto.

4.4. Tipo de vía

Según el tráfico obtenido y la clasificación del MTOP la vía se clasifica como una carretera de Clase V correspondiente a un camino vecinal.

Tabla 8. Clasificación de carretera según el tráfico proyectado (MTOP-2003)

Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA (veh/día)
V	Menos de 100

Fuente: MTOP, 2003.

Tabla 9. Clasificación de carretera según su función (MTOP-2003)

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA (según MOP)	TPDA (Año final de diseño)
Vecinal	V	<100

Fuente: MTOP, 2003.

El valor de tránsito proyectado obtenido para el horizonte de diseño, equivalente a 65 vehículos por día, permite ubicar al tramo dentro de la categoría de Clase V, conforme a la clasificación establecida por el MTOP (2003), correspondiente a vías cuyo TPDA es menor a 100 vehículos diarios. Esta categoría se asocia generalmente a caminos vecinales o vías de bajo volumen de tránsito, cuya función principal es permitir el acceso local y la conexión interna dentro de un área determinada.

En el caso específico del tramo Plataforma B – Plataforma F, la clasificación como camino vecinal no responde a una función de conectividad regional, sino a su carácter operativo dentro del bloque petrolero. Se trata de una vía cuya finalidad es facilitar el tránsito interno de personal, equipos y abastecimiento, sin constituir un corredor de transporte masivo o interprovincial. Por esta razón, los parámetros geométricos adoptados deben ser coherentes con una vía de bajo tránsito, priorizando funcionalidad y seguridad sobre altas velocidades de operación.

Figura 12. Sitio de conteo vehicular.



Fuente: Elaboración propia, 2026

La clasificación funcional influye directamente en la selección de criterios de diseño, particularmente en la velocidad directriz, radios mínimos de curvatura y configuración de la sección transversal. En vías Clase V, la normativa permite adoptar velocidades moderadas, lo que favorece la adaptación del trazado al relieve natural y reduce la necesidad de movimientos de tierra excesivos. Esto resulta especialmente relevante en zonas con topografía variable, donde un diseño rígido podría generar impactos innecesarios.

Asimismo, la condición de camino vecinal implica que el diseño debe enfocarse en garantizar transitabilidad permanente y condiciones adecuadas de drenaje, más que en alcanzar altos niveles de capacidad vehicular. En este sentido, la clasificación obtenida no solo define la categoría administrativa de la vía, sino que orienta técnicamente el desarrollo del diseño geométrico presentado en los siguientes apartados.

4.5. Velocidad de diseño

Una vez analizadas las características del terreno y determinada la clasificación funcional de la vía como Clase V, fue necesario definir la velocidad de diseño que servirá como base para el desarrollo de los elementos geométricos. La selección de este parámetro no se realiza de manera arbitraria, sino que responde tanto a las condiciones topográficas del sector como a los lineamientos establecidos en la normativa vigente del MTOP (2003).

El tramo en estudio se desarrolla sobre un terreno de tipo ondulado, con variaciones de pendiente que, aunque no son extremas, requieren un diseño que garantice estabilidad y seguridad en la circulación. En este contexto, adoptar una velocidad elevada resultaría poco coherente con la función real de la vía, ya que se trata de un acceso interno con tránsito controlado y volumen reducido.

Para esta vía se tienen las siguientes velocidades:

Tabla 10. Velocidades de proyecto.

<i>Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal</i>		<i>Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad</i>	
Recomendada (km/h)	Absoluta (km/h)	Recomendada (km/h)	Absoluta (km/h)
50	35	50	35

Fuente: MTOP, 2003.

De acuerdo con los rangos establecidos para caminos de bajo tránsito en terreno ondulado, la velocidad recomendada es de 50 km/h. Sin embargo, también se considera la velocidad absoluta de 35 km/h como valor límite para el cálculo de ciertos elementos geométricos más restrictivos. Esta diferenciación permite contar con un margen de seguridad en el diseño, asegurando que los radios de curvatura y pendientes adoptadas sean compatibles con condiciones reales de operación.

La velocidad recomendada se emplea como referencia principal para el trazado general, mientras que la velocidad absoluta se utiliza en aquellos casos donde es necesario verificar condiciones más críticas del diseño, como radios mínimos o situaciones donde la topografía impone restricciones adicionales. Este criterio garantiza que el proyecto no solo cumpla con lo establecido en la normativa, sino que también responda de manera lógica a la función que cumple la vía dentro del bloque.

Definir adecuadamente la velocidad de diseño es un paso fundamental, ya que a partir de este valor se derivan parámetros como radios mínimos horizontales, longitudes de curvas verticales y condiciones de visibilidad. Por lo tanto, la elección adoptada

busca un equilibrio entre seguridad, funcionalidad y adaptación al entorno natural del tramo B–F.

4.6. Número de carriles

La norma NEVI 12 en su volumen N2 – Libro A para estudios y diseños viales ofrece una clasificación funcional de las vías en base al tránsito de diseño lo cual se muestra a continuación:

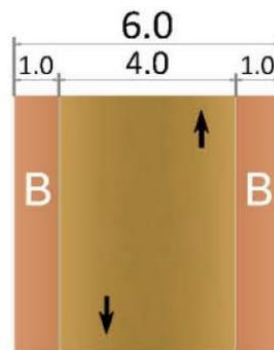
Tabla 11. Clasificación vial según NEVI 12.

Descripción	Clasificación Funcional	Límite Inferior (TPDAd)	Límite Superior (TPDAd)
Autopista	AP2	80000	120000
Autopista	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera multicarril	AV2	26000	50000
Autovía o Carretera Multicarril	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
Carretera de 2 carriles	C2	500	1000
Carretera de 2 carriles	C3	0	500

Fuente: NEVI, 2012.

Para las condiciones viales que tenemos la vía corresponde a una carretera de 2 carriles de tipo C3 correspondiente a un camino agrícola / forestal cuyas dimensiones de carriles se muestran en la siguiente ilustración:

Figura 13. Dimensiones de vía de proyecto.



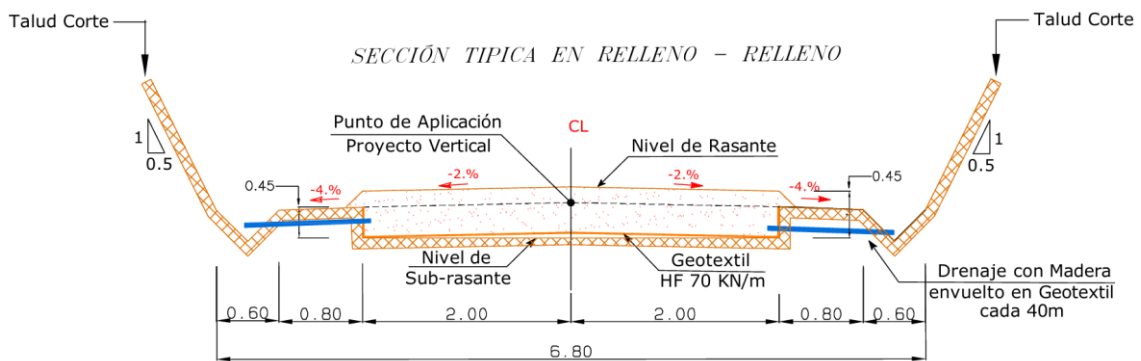
Fuente: NEVI, 2012.

Además, la citada norma establece que la pendiente máxima sea del 16%.

4.7. Sección transversal de vía

Con las consideraciones hasta ahora obtenidas y en concordancia con la topografía y drenaje necesaria se diseñó las siguientes secciones transversales típicas del proyecto.

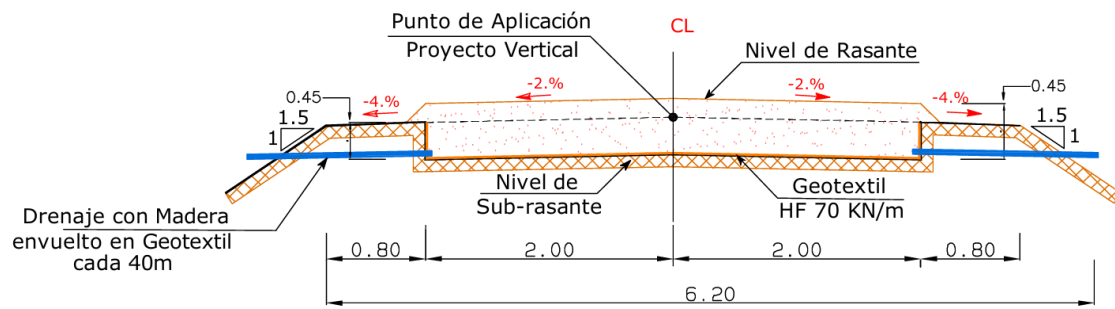
Figura 14. Sección típica en Corte - Corte.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

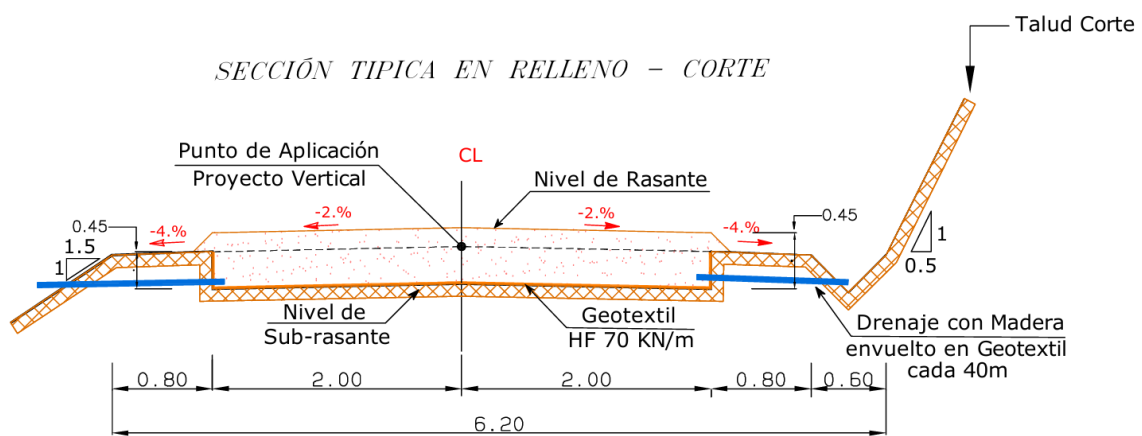
Figura 15. Sección típica en Relleno – Relleno.

SECCIÓN TÍPICA EN RELLENO – RELLENO



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Figura 16. Sección típica en Relleno – Corte.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

4.8. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal del tramo Plataforma B – Plataforma F fue definido a partir del análisis planimétrico del terreno y de los parámetros establecidos en función de la velocidad de diseño adoptada. El objetivo principal fue establecer un trazado que garantice condiciones adecuadas de circulación, manteniendo coherencia con la topografía del sector y con la clasificación funcional de la vía.

El eje se estructuró mediante la combinación de tramos rectos y curvas circulares simples, ubicando estratégicamente los puntos de intersección (PI) en aquellos sectores

donde el cambio de dirección resultaba necesario para adaptarse al relieve natural. A partir de cada PI se determinaron los puntos de inicio y fin de curva (PC y PT), calculando las respectivas longitudes de tangente y longitudes de arco conforme a los radios adoptados.

Los radios de curvatura fueron seleccionados considerando la velocidad de diseño previamente establecida. En todos los casos se verificó que los valores adoptados sean iguales o superiores al radio mínimo exigido para la condición de terreno ondulado y para una vía de bajo volumen de tránsito. Esta comprobación es esencial, ya que el radio influye directamente en la estabilidad del vehículo durante el recorrido de la curva y en la comodidad del usuario.

Durante el proceso de trazado se buscó evitar cambios bruscos de dirección que pudieran afectar la seguridad o generar maniobras forzadas. Las longitudes de tangente fueron definidas de manera que permitan una transición progresiva entre elementos rectos y curvos, favoreciendo una circulación fluida aun cuando el volumen de tránsito sea reducido.

Adicionalmente, el alineamiento fue ajustado procurando minimizar intervenciones innecesarias sobre el terreno natural. En lugar de imponer una geometría rígida, se priorizó la adaptación del eje a las condiciones existentes, lo que contribuye a reducir movimientos de tierra excesivos y facilita la futura etapa constructiva.

En conjunto, el alineamiento horizontal definido cumple con los criterios técnicos establecidos para una vía Clase V y se encuentra respaldado por los cálculos geométricos correspondientes, los cuales incluyen la determinación de ángulos de deflexión, radios, longitudes de curva y progresivas acumuladas a lo largo del tramo.

A continuación, se muestran el desarrollo del diseño horizontal.

DESCRIPCION	DATOS DE CURVA	ESTACION	NORTH	EAST	ELEV
	ACIMUT	DISTANCIA			
INVERSOPLINE					
PUNTO P.LINEA		0+000.000	10023112.637	354805.664	
	345 11'54"	34.224m			
PC		0+034.224	10023145.725	354796.920	
	UBICACION PI:		10023190.545	354785.077	
	RADIO:	90.000m			
	INCREMENTO:	54 30'20"	IZQUIERDA		
	GRADO DE CURVATURA:	63 39'43"	ARCODEFINICION		
	LONGITUD DE ARCO:	85.617m			
	LONGITUD CUERDA:	82.425m			
	ACIMUT DE CUERDA:	317 56'44"			
	LONGITUD TANGENTE:	46.359m			
	FLECHA:	9.990m			
	EXTERNA:	11.238m			
PT		0+119.841	10023206.927	354741.709	
	290 41'34"	130.026m			
PC		0+249.867	10023252.872	354620.071	
	UBICACION PI:		10023266.491	354584.017	
	RADIO:	170.000m			
	INCREMENTO:	25 32'51"	DERECHA		
	GRADO DE CURVATURA:	33 42'12"	ARCODEFINICION		
	LONGITUD DE ARCO:	75.801m			
	LONGITUD CUERDA:	75.174m			
	ACIMUT DE CUERDA:	303 27'59"			
	LONGITUD TANGENTE:	38.541m			
	FLECHA:	4.207m			
	EXTERNA:	4.314m			
PT		0+325.668	10023294.327	354557.360	
	316 14'24"	72.776m			
PC		0+398.443	10023346.888	354507.026	
	UBICACION PI:		10023428.901	354428.489	
	RADIO:	65.000m			
	INCREMENTO:	120 25'29"	IZQUIERDA		
	GRADO DE CURVATURA:	88 08'50"	ARCODEFINICION		
	LONGITUD DE ARCO:	136.617m			
	LONGITUD CUERDA:	112.823m			
	ACIMUT DE CUERDA:	256 01'40"			
	LONGITUD TANGENTE:	113.553m			
	FLECHA:	32.709m			
	EXTERNA:	65.841m			
PT		0+535.061	10023319.647	354397.541	
	195 48'56"	61.118m			
PC		0+596.179	10023260.843	354380.884	

	UBICACION PI:	10023230.112	354372.179
	RADIO:	70.000m	
	INCREMENTO:	49 03'12" DERECHA	
	GRADO DE CURVATURA:	81 51'04" ARCODEFINICION	
	LONGITUD DE ARCO:	59.930m	
	LONGITUD CUERDA:	58.116m	
	ACIMUT DE CUERDA:	220 20'32"	
	LONGITUD TANGENTE:	31.940m	
	FLECHA:	6.316m	
	EXTERNA:	6.943m	
PT		0+656.109	10023216.547
	244 52'07"	92.959m	
PC		0+749.067	10023177.068
	UBICACION PI:	10023160.804	354224.431
	RADIO:	120.000m	
	INCREMENTO:	35 24'00" DERECHA	
	GRADO DE CURVATURA:	47 44'47" ARCODEFINICION	
	LONGITUD DE ARCO:	74.141m	
	LONGITUD CUERDA:	72.968m	
	ACIMUT DE CUERDA:	262 34'07"	
	LONGITUD TANGENTE:	38.297m	
	FLECHA:	5.681m	
	EXTERNA:	5.963m	
PT		0+823.209	10023167.631
	280 16'07"	85.375m	
PC		0+908.584	10023182.850
	UBICACION PI:	10023187.873	354075.013
	RADIO:	150.000m	
	INCREMENTO:	21 16'44" IZQUIERDA	
	GRADO DE CURVATURA:	38 11'50" ARCODEFINICION	
	LONGITUD DE ARCO:	55.708m	
	LONGITUD CUERDA:	55.389m	
	ACIMUT DE CUERDA:	269 37'45"	
	LONGITUD TANGENTE:	28.179m	
	FLECHA:	2.579m	
	EXTERNA:	2.624m	
PT		0+964.292	10023182.491
	258 59'23"	180.862m	
PC		1+145.154	10023147.949
	UBICACION PI:	10023141.321	353835.754
	RADIO:	120.000m	
	INCREMENTO:	32 15'36" DERECHA	
	GRADO DE CURVATURA:	47 44'47" ARCODEFINICION	
	LONGITUD DE ARCO:	67.565m	
	LONGITUD CUERDA:	66.676m	
	ACIMUT DE CUERDA:	275 07'11"	
	LONGITUD TANGENTE:	34.704m	
	FLECHA:	4.724m	
	EXTERNA:	4.917m	
PT		1+212.719	10023153.899
	291 14'58"	125.729m	
PC		1+338.448	10023199.467
	UBICACION PI:	10023210.559	353657.705
	RADIO:	170.000m	

	INCREMENTO:	20 24'40"	IZQUIERDA	
	GRADO DE CURVATURA:	33 42'12"	ARCODEFINICION	
	LONGITUD DE ARCO:	60.561m		
	LONGITUD CUERDA:	60.241m		
	ACIMUT DE CUERDA:	281 02'39"		
	LONGITUD TANGENTE:	30.605m		
	FLECHA:	2.690m		
	EXTERNA:	2.733m		
PT		1+399.009	10023211.007	353627.104
	270 50'19"	824.831m		
PC		2+223.840	10023223.079	352802.361
	UBICACION PI:		10023223.465	352776.011
	RADIO:	500.000m		
	INCREMENTO:	6 02'02"	DERECHA	
	GRADO DE CURVATURA:	11 27'33"	ARCODEFINICION	
	LONGITUD DE ARCO:	52.655m		
	LONGITUD CUERDA:	52.631m		
	ACIMUT DE CUERDA:	273 51'20"		
	LONGITUD TANGENTE:	26.352m		
	FLECHA:	0.693m		
	EXTERNA:	0.694m		
PT		2+276.496	10023226.618	352749.849
	276 52'21"	167.548m		
PC		2+444.044	10023246.667	352583.505
	UBICACION PI:		10023251.074	352546.938
	RADIO:	350.000m		
	INCREMENTO:	12 00'52"	IZQUIERDA	
	GRADO DE CURVATURA:	16 22'13"	ARCODEFINICION	
	LONGITUD DE ARCO:	73.393m		
	LONGITUD CUERDA:	73.258m		
	ACIMUT DE CUERDA:	270 51'55"		
	LONGITUD TANGENTE:	36.831m		
	FLECHA:	1.922m		
	EXTERNA:	1.933m		
PT		2+517.436	10023247.773	352510.255
	264 51'28"	222.898m		
PC		2+740.334	10023227.795	352288.254
	UBICACION PI:		10023216.132	352158.645
	RADIO:	250.000m		
	INCREMENTO:	54 59'48"	IZQUIERDA	
	GRADO DE CURVATURA:	22 55'06"	ARCODEFINICION	
	LONGITUD DE ARCO:	239.968m		
	LONGITUD CUERDA:	230.861m		
	ACIMUT DE CUERDA:	237 21'34"		
	LONGITUD TANGENTE:	130.132m		
	FLECHA:	28.244m		
	EXTERNA:	31.841m		
PT		2+980.302	10023103.277	352093.852
	209 51'41"	116.110m		
PC		3+096.413	10023002.582	352036.040
	UBICACION PI:		10022979.264	352022.653
	RADIO:	300.000m		
	INCREMENTO:	10 14'35"	DERECHA	
	GRADO DE CURVATURA:	19 05'55"	ARCODEFINICION	

	LONGITUD DE ARCO:	53.633m		
	LONGITUD CUERDA:	53.562m		
	ACIMUT DE CUERDA:	214 58'58"		
	LONGITUD TANGENTE:	26.888m		
	FLECHA:	1.198m		
	EXTERNA:	1.203m		
PT		3+150.046	10022958.697	352005.332
	220 06'16"		57.277m	
PC		3+207.323	10022914.888	351968.435
	UBICACION PI:		10022892.391	351949.488
	RADIO:	60.000m		
	INCREMENTO:	52 13'45"	DERECHA	
	GRADO DE CURVATURA:	95 29'35"	ARCODEFINICION	
	LONGITUD DE ARCO:	54.694m		
	LONGITUD CUERDA:	52.820m		
	ACIMUT DE CUERDA:	246 13'08"		
	LONGITUD TANGENTE:	29.413m		
	FLECHA:	6.125m		
	EXTERNA:	6.821m		
PT		3+262.017	10022893.589	351920.100
	272 20'01"		66.098m	
PC		3+328.114	10022896.280	351854.057
	UBICACION PI:		10022897.335	351828.176
	RADIO:	60.000m		
	INCREMENTO:	46 42'03"	IZQUIERDA	
	GRADO DE CURVATURA:	95 29'35"	ARCODEFINICION	
	LONGITUD DE ARCO:	48.905m		
	LONGITUD CUERDA:	47.562m		
	ACIMUT DE CUERDA:	248 58'59"		
	LONGITUD TANGENTE:	25.903m		
	FLECHA:	4.914m		
	EXTERNA:	5.353m		
PT		3+377.020	10022879.222	351809.659
	225 37'58"		45.363m	
PUNTO P.LINEA		3+422.382	10022847.502	351777.230

4.9.Sobreanchos y Peraltes

Una vez definido el alineamiento horizontal y determinados los radios de curvatura, fue necesario analizar la necesidad de incorporar sobreanchos y peraltes en los tramos curvos. Estos elementos complementan el diseño geométrico y permiten mejorar las condiciones de circulación, especialmente cuando se trata de vehículos de mayor longitud que requieren espacio adicional para maniobrar en curvas.

El sobreancho se evaluó considerando el radio de cada curva y el tipo de vehículos que se prevé circularán por la vía. Aunque el volumen de tránsito es reducido, la presencia de camiones y unidades de transporte asociadas a la operación del bloque hace necesario verificar que el ancho de calzada sea suficiente para evitar invasiones de

carril o aproximaciones peligrosas al borde de la vía. En función de los radios adoptados, se determinó el incremento necesario en el ancho de la calzada en aquellos tramos donde la geometría así lo exige.

Por otro lado, el peralte fue calculado con el propósito de contrarrestar parcialmente la fuerza centrífuga generada durante el recorrido en curva. Su valor se estableció en función de la velocidad de diseño y del radio correspondiente, manteniéndose dentro de los límites recomendados para vías de bajo tránsito en terreno ondulado. En todos los casos se verificó que el peralte adoptado no supere los valores máximos permitidos por la normativa, garantizando condiciones adecuadas de seguridad y confort.

La transición entre la sección normal de la vía y la sección peraltada se definió de manera progresiva, evitando cambios bruscos en la pendiente transversal que pudieran generar incomodidad o inestabilidad. Este aspecto es particularmente importante en caminos donde el mantenimiento periódico puede influir en la conservación de la superficie de rodadura.

Cabe señalar que, debido a que se trata de una vía Clase V con velocidades moderadas, los valores de sobreancho y peralte no resultan excesivos. Sin embargo, su incorporación dentro del diseño responde a criterios técnicos que buscan asegurar un comportamiento adecuado del vehículo en condiciones reales de operación.

En conjunto, la definición de sobreanchos y peraltes complementa el alineamiento horizontal previamente establecido, asegurando que la vía no solo cumpla con los parámetros geométricos básicos, sino que también ofrezca condiciones de circulación seguras y acordes a la función operativa del tramo.

4.10. Alineamiento vertical

El trazado vertical se definió a partir del perfil natural del terreno, el cual permitió identificar las variaciones de altura a lo largo del corredor. Antes de establecer la rasante, fue necesario analizar dónde el terreno presenta cambios más marcados de pendiente y en qué sectores resulta conveniente suavizar esas transiciones.

La rasante propuesta no replica exactamente el terreno natural, pero tampoco se aparta de él de forma exagerada. El criterio adoptado fue mantener pendientes compatibles con la circulación de vehículos de carga, evitando tramos extensos con inclinaciones elevadas que puedan afectar el desempeño operativo. En zonas descendentes también se verificó que la inclinación no sea excesiva, de modo que se mantenga control y seguridad durante la circulación.

En los puntos donde se produce un cambio de pendiente se incorporaron curvas verticales que permiten una transición gradual entre tramos consecutivos. Estas curvas no solo mejoran la comodidad de conducción, sino que también contribuyen a mantener condiciones adecuadas de visibilidad. La longitud adoptada para cada una de ellas se calculó considerando la diferencia algebraica de pendientes y la velocidad de diseño previamente establecida.

Durante el ajuste del perfil se revisaron varias alternativas hasta encontrar una configuración que reduzca movimientos de tierra innecesarios sin comprometer las condiciones geométricas. Este proceso implicó revisar pendientes máximas y mínimas, analizar sectores críticos y corregir aquellos puntos donde la rasante generaba desniveles poco convenientes.

La definición final del alineamiento vertical mantiene coherencia con el trazado horizontal y responde a las características propias del terreno ondulado donde se emplaza el proyecto. Más que imponer una solución rígida, el diseño busca integrarse al entorno y garantizar condiciones de circulación estables a lo largo de todo el tramo.

4.11. Movimiento de tierras

Una vez definido el trazado horizontal y vertical del tramo, fue necesario analizar cómo se relaciona la rasante proyectada con el terreno natural. De esa comparación surge el movimiento de tierras, es decir, la cantidad de material que debe excavarse en los sectores donde la rasante se encuentra por debajo del terreno existente y el volumen que debe colocarse en aquellos puntos donde la vía queda por encima del nivel natural.

El análisis se realizó revisando el perfil longitudinal y las secciones transversales generadas a lo largo del eje. En cada progresiva se identificó si la condición correspondía a corte o a relleno, estimando las áreas involucradas. Posteriormente, estas áreas fueron integradas para obtener una aproximación de los volúmenes totales. Este procedimiento permitió tener una visión clara de la magnitud de las intervenciones necesarias para materializar el diseño.

Es imprescindible mantener un equilibrio razonable entre cortes y rellenos. Un diseño que genera grandes volúmenes de excavación no solo incrementa los costos, sino que puede afectar la estabilidad del entorno, especialmente en suelos húmedos o de baja capacidad portante. De igual manera, rellenos excesivos requieren controles de compactación rigurosos para evitar asentamientos posteriores.

En algunos tramos el terreno natural presenta pendientes que obligan a realizar cortes laterales moderados para garantizar el ancho de la plataforma. En otros sectores, la rasante proyectada se encuentra ligeramente por encima del terreno, lo que demanda la conformación de terraplenes. Estas situaciones fueron analizadas procurando que las alturas no resulten desproporcionadas y que los taludes mantengan inclinaciones compatibles con las características del suelo del sector.

Más allá de los valores numéricos obtenidos, el análisis del movimiento de tierras permitió ajustar ciertos puntos del perfil para reducir intervenciones innecesarias. En algunos casos fue posible modificar ligeramente la pendiente de la rasante para disminuir volúmenes de corte sin afectar los parámetros geométricos adoptados. Este tipo de ajustes forma parte del proceso de diseño y responde a la búsqueda de una solución técnicamente viable y constructivamente razonable.

El movimiento de tierras, por tanto, no se limita a un cálculo de volúmenes, sino que constituye una etapa de verificación del diseño. A través de este análisis se confirma que el trazado propuesto puede ejecutarse con intervenciones coherentes con el entorno y sin generar modificaciones excesivas sobre el relieve existente.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

5.2. Levantamiento topográfico

A continuación, se muestran las coordenadas del polígono base de la vía entre la plataforma B – plataforma F.

Tabla 12. Coordenadas Polígono base.

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	10022970.261	354861.281	260.685	F-1
2	10023031.983	354841.727	262.8	F-2
3	10023075.502	354828.336	258.754	F-3
4	10023119.494	354817.682	253.071	F-4
5	10023163.629	354807.218	262.169	F-5
6	10023176.168	354804.403	263.033	F-6
7	10023192.004	354780.913	262.731	F-7
8	10023201.489	354765.691	259.941	F-8
9	10023215.861	354735.804	249.378	F-9
10	10023239.556	354698.402	250.184	F-10
11	10023256.73	354639.715	263.017	F-11
12	10023251.56	354590.638	265.305	F-12
13	10023319.332	354542.966	259.777	F-13
14	10023365.167	354484.884	259.664	F-14
15	10023341.256	354421.562	257.499	F-15
16	10023307.4	354397.965	254.252	F-16
17	10023256.725	354384.083	245.68	F-17
18	10023231.204	354365.149	239.613	F-18
19	10023209.298	354334.413	241.515	F-19
20	10023173.195	354283.535	255.065	F-20

21	10023163.87	354227.106	264.742	F-21
22	10023157.795	354200.756	265.385	F-22
23	10023191.534	354155.342	264.113	F-23
24	10023180.973	354064.891	251.901	F-24
25	10023169.531	353989.742	260.487	F-25
26	10023164.1	353941.692	265.874	F-26
27	10023155.407	353900.896	264.399	F-27
28	10023144.296	353851.909	246.542	F-28
29	10023156.451	353773.691	237.832	F-29
30	10023134.248	353777.437	238.062	SAHINO 35
31	10023187.783	353768.362	237.652	SAHINO 34
32	10023172.767	353741.461	237.9	F-30
33	10023203.917	353677.292	239.44	F-31
34	10023210.602	353517.195	236.139	F-32
35	10023211.16	353361.985	236.512	F-33
36	10023211.422	353255.963	236.637	F-34
37	10023219.368	353167.275	236.865	F-35
38	10023224.056	353086.177	242.09	F-36
39	10023221.065	352995.425	239.807	F-37
40	10023217.913	352932.484	236.592	F-38
41	10023211.222	352846.134	252.62	F-39
42	10023211.408	352827.471	251.581	F-40
43	10023216.335	352757.61	240.36	F-41
44	10023219.127	352709.515	243.434	F-42
45	10023227.025	352627.098	236.072	F-43
46	10023232.125	352567.22	239.177	F-44
47	10023238.225	352517.974	246.558	F-45
48	10023240.635	352496.9	246.366	F-46
49	10023254.472	352450.643	243.43	F-47
50	10023265.077	352390.144	250.364	F-48
51	10023211.976	352341.253	255.006	F-49
52	10023222.332	352272.02	253.558	F-50
53	10023217.454	352207.72	263.918	F-51
54	10023141.919	352166.659	267.483	F-52
55	10023141.077	352107.504	258.621	F-53
56	10023097.212	352077.671	248.633	F-54
57	10023046.453	352051.534	251.492	F-55
58	10022973.98	352041.987	253.646	F-56
59	10022944.605	352009.139	244.959	F-57
60	10022933.652	351959.115	235.817	F-58
61	10022896.888	351849.138	235.791	F-59
62	10022875.83	351844.022	236.198	SAHINO 39
63	10022807.489	351811.941	236.035	SAHINO 38
64	10023194.961	354828.583	262.937	F-60
65	10023206.971	354874.669	260.142	F-61
66	10023216.173	354905.257	255.526	F-62
67	10023245.208	354977.669	254.423	F-63
68	10023259.607	355017.65	250.451	F-64
69	10023267.089	355042.0	257.78	F-65
70	10023239.453	355059.541	261.621	F-66
71	10023221.268	355088.834	261.454	SAHINO 29
72	10023120.05	355083.07	258.891	SAHINO 28

Fuente: Elaboración propia, 2026.

Luego del procesamiento de los datos topográficos, se elaboraron curvas de nivel con una equidistancia vertical de un metro, lo que permitió representar con mayor claridad las variaciones del terreno.

Figura 17. Ejemplo de topografía



Fuente: Elaboración propia, 2026.

5.3. Sección transversal de vía

Las secciones transversales de vía fueron las mostradas en el numeral 4.6 del presente documento.

5.4. Alineamiento horizontal

El trazado en planta del tramo entre la Plataforma B y la Plataforma F se definió una vez revisada la información topográfica levantada en campo. Con el plano base y las curvas de nivel disponibles, se empezó a ubicar un eje preliminar que permitiera conectar ambos puntos sin generar cambios bruscos de dirección ni intervenir de manera excesiva el terreno natural.

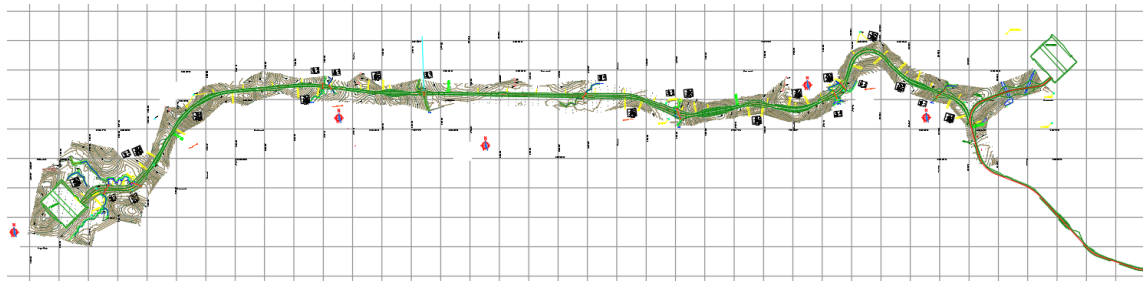
En un inicio se plantearon varias alternativas de recorrido. Algunas resultaban más cortas, pero obligaban a trabajar con radios pequeños o a atravesar sectores con pendientes laterales pronunciadas. Otras, aunque un poco más extensas, permitían un trazado más suave y mejor adaptado al relieve. Por último, se considera una alternativa que mantiene un equilibrio entre longitud, seguridad y facilidad constructiva.

El eje quedó conformado por tramos rectos enlazados mediante curvas circulares simples. En cada cambio de dirección se calculó el radio correspondiente considerando la velocidad de diseño previamente adoptada. Se verificó que los radios utilizados no estén por debajo del mínimo permitido por normativa y, cuando la topografía lo permitió, se adoptaron valores ligeramente mayores para mejorar la comodidad en la circulación, especialmente pensando en el tránsito de vehículos de carga.

Una vez definidos los radios, se procedió a determinar los elementos propios de cada curva: punto de inicio, punto de tangencia y longitud de arco. Estos cálculos permitieron ubicar con precisión las transiciones dentro del plano general y garantizar continuidad geométrica a lo largo del corredor.

Durante el proceso fue necesario realizar ajustes puntuales en algunos sectores donde el eje inicial generaba movimientos de tierra innecesarios. Esos pequeños cambios ayudaron a suavizar el trazado sin alterar los criterios técnicos adoptados. El resultado es un alineamiento que mantiene coherencia en toda su longitud y que responde tanto a las condiciones del terreno como a la función operativa de la vía dentro del bloque.

Figura 18. Alineamiento Horizontal del proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2026.

5.4.1. Procedimiento de cálculo del alineamiento horizontal

Cálculo del radio mínimo de curva horizontal

$$R = \frac{V^2}{127 * (e + f)}$$

Donde:

V es la velocidad de diseño en km/h

e es el peralte (decimal)

f coeficiente de fricción lateral

$$R = \frac{50^2}{127 * (0.08 + 0.15)} = 85.60 \text{ m}$$

Cálculo de parámetros de la curva 6

Ángulo de deflexión

$$\Delta = 21^\circ 16' 44'' \approx 21.2789^\circ$$

Tangente

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Donde:

R es el radio de la curva

$$T = 150 * \tan\left(\frac{21.2789^\circ}{2}\right) = 28.179 \text{ m}$$

Longitud de curva

$$Lc = \frac{\pi * R * \Delta}{180}$$

$$L_c = \frac{\pi * 150 * 21.2789^\circ}{180}$$

$$L_c = 55.708 \text{ m}$$

Cuerda Larga

$$CL = 2 * R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$CL = 2 * 150 * \sin\left(\frac{21.2789^\circ}{2}\right)$$

$$CL = 55.389 \text{ m}$$

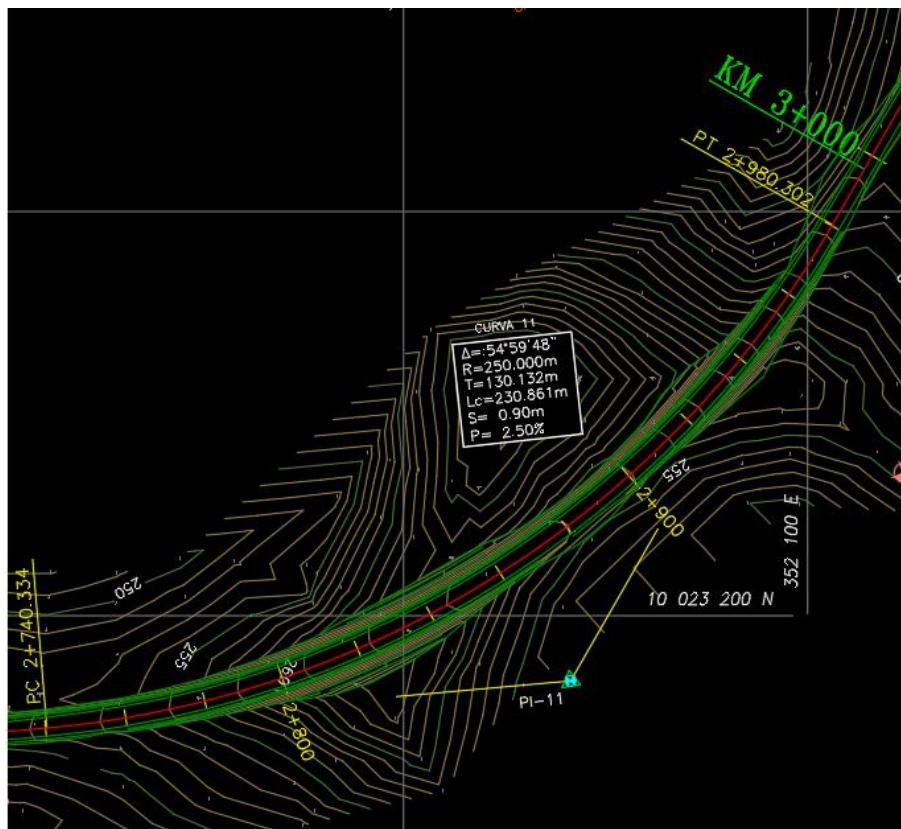
Abscisas

$$PC = 0 + 908.584$$

$$PI = 0 + 908.584 + 28.179 = 0 + 936.763$$

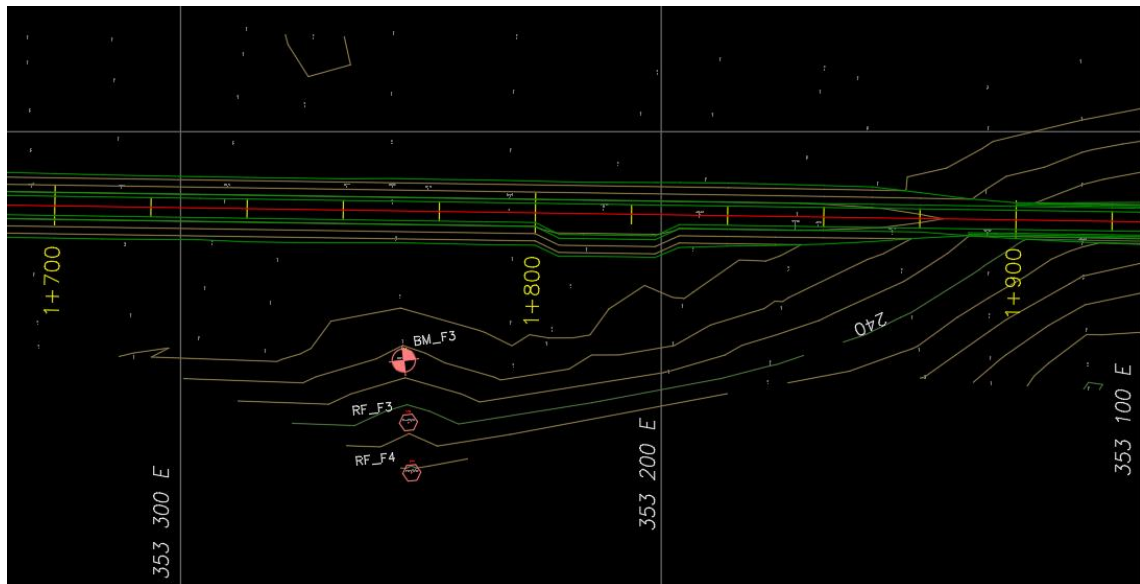
$$PT = 0 + 908.584 + 55.708 = 0 + 964.292$$

Figura 19. Ejemplo de curva



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Figura 20. Ejemplo de tramo recto



Fuente: Elaboración propia, 2026.

5.5. Sobreanchos y Peraltes

Una vez definido el trazado en planta, fue necesario revisar el comportamiento de la vía en los sectores curvos, especialmente considerando que el tránsito predominante corresponde a vehículos de carga. En este tipo de caminos, aunque el volumen vehicular no sea elevado, las dimensiones y el radio de giro de los camiones influyen directamente en el ancho requerido para circular con seguridad.

En cada curva se evaluó si el ancho estándar de la sección transversal resultaba suficiente o si era necesario incorporar sobreancho. Este análisis no se realizó de forma automática; primero se revisaron los radios adoptados y luego se contrastaron con los valores recomendados para la velocidad de diseño establecida. En las curvas de menor radio se determinó que era conveniente ampliar ligeramente la sección, de manera que los vehículos pesados puedan maniobrar sin invadir el carril contrario o el borde exterior.

El sobreancho se distribuyó de forma progresiva dentro del desarrollo de la curva, evitando cambios bruscos que puedan generar incomodidad o inestabilidad en la

conducción. La transición entre el ancho normal y el ancho ampliado se planteó de manera gradual, acompañando el inicio y salida de la curva.

5.5.1. Procedimiento de cálculo de sobreanchos.

Para el sobreancho se consideran los siguientes parámetros.

Sobreancho mecánico

$$S_m = \frac{n * L^2}{2 * R}$$

Donde:

n es el número de carriles (2)

L es la distancia entre ejes del vehículo (6 m)

R es el radio de curva

Sobreancho psicológico

$$S_p = \frac{V}{9.5 * \sqrt{R}}$$

Donde:

V es la velocidad de circulación en km/h

R es el radio de la curva

Sobreancho total por carril

$$S = S_m + S_p$$

Donde:

S_m es el sobreancho mecánico

S_p es el sobreancho psicológico

Cálculo de sobreancho en curva 3

Sobreancho mecánico

$$S_m = \frac{2 * 6^2}{2 * 65} = 0.55 \text{ m}$$

Sobreancho psicológico

$$S_p = \frac{50}{9.5 * \sqrt{65}} = 0.65 \text{ m}$$

Sobreancho total por carril

$$S = 0.55 + 0.65 = 1.20 \text{ m}$$

Sobreancho total por calzada

$$S_{total} = 2 * 1.20 = 2.40 \text{ m}$$

Figura 21. Ejemplo de sobreancho curva 3.

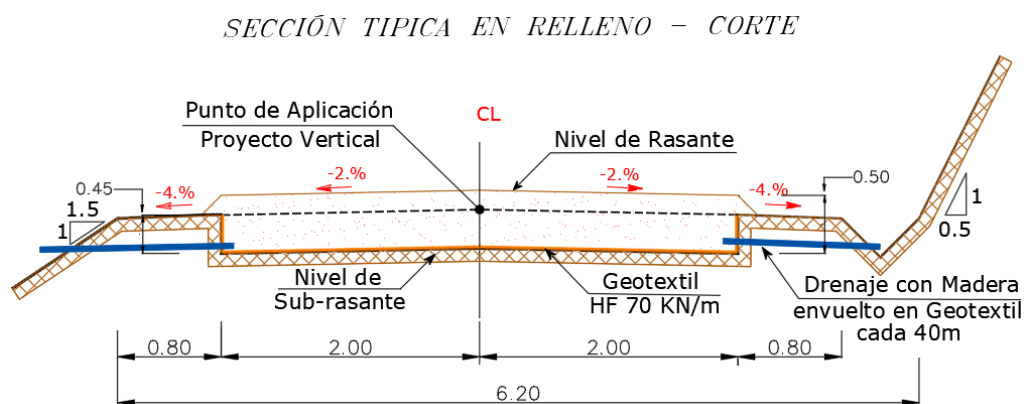


Fuente: Elaboración propia, 2026.

En cuanto al peralte, se analizó la necesidad de inclinar transversalmente la calzada para contrarrestar la fuerza centrífuga que actúa sobre los vehículos al tomar una curva. Considerando la velocidad de diseño y los radios adoptados, se definieron valores de peralte compatibles con la normativa vigente. No se trabajó con valores extremos, ya que se trata de una vía de bajo volumen y velocidad moderada, pero sí se incorporó la inclinación necesaria para mejorar la estabilidad lateral.

También se tomó en cuenta que el tramo se encuentra en una zona con presencia frecuente de lluvias, por lo que el peralte debía permitir un adecuado escurrimiento del agua hacia los bordes sin generar acumulaciones en la superficie de rodadura. Este criterio ayudó a ajustar la pendiente transversal en cada curva, buscando un equilibrio entre estabilidad y drenaje.

Figura 22. Ejemplo de bombeo tramo recto 2%.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

El análisis conjunto de sobreechanos y peraltes permitió que el trazado en planta funcione de manera segura y coherente con la sección transversal adoptada, evitando que las curvas se conviertan en puntos críticos dentro del corredor.

A continuación, se muestran los sobreechanos y peraltes a lo largo de la vía.

Tabla 13. Resultados de cálculo de sobreelevaciones y peralte en curvas.

CALCULO DE SOBREELEVACION Y PERALTE EN CURVAS							
ABSCISA (KM)	SOBREELEVACION (M)	RADIO (M)	PERALTE %	ABSCISA (KM)	SOBREELEVACION (M)	RADIO (M)	PERALTE %
0+000.00		90	Izq 4.00	0+878.58		150	Izq 3.00
0+034.22	PC			0+908.58	PC		
0+049.22	1.90			0+923.58	1.15		
0+104.84	1.90			0+949.29	1.15		
0+119.84	PT			0+964.29	PT		
0+149.84				0+994.29			
0+219.87		170	Der 2.50	1+115.15		120	Der 3.50
0+249.87	PC			1+145.15	PC		
0+264.87	1.10			1+160.15	1.40		
0+310.67	1.10			1+197.72	1.40		
0+325.67	PT			1+212.72	PT		
0+355.67				1+242.72			
0+368.44		65	Izq 4.00	1+308.45		170	Izq 2.50
0+398.44	PC			1+338.45	PC		
0+413.44	2.40			1+353.45	1.10		
0+520.06	2.40			1+384.01	1.10		
0+535.06	PT			1+399.01	PT		
0+565.06				1+429.01			
0+566.18		70	Der 4.00	2+193.84		500	Der ----
0+596.18	PC			2+223.84	PC		
0+611.18	2.30			2+238.84	----		
0+641.11	2.30			2+261.50	----		
0+656.11	PT			2+276.50	PT		
0+686.11				2+306.50			
0+719.07		120	Der 3.50	2+414.04		350	Izq ----
0+749.07	PC			2+444.04	PC		
0+764.07	1.40			2+459.04	0.60		
0+808.21	1.40			2+502.44	0.60		
0+823.21	PT			2+517.44	PT		
0+853.21				2+547.44			

ABSCISA (KM)	SOBREANCHO (M)	RADIO (M)	PERALTE %	ABSCISA (KM)	SOBREANCHO (M)	RADIO (M)	PERALTE %
2+710.33		250	Izq 2.50				
2+740.33	PC						
2+755.33	0.90						
2+965.30	0.90						
2+980.30	PT						
3+010.30							
3+066.41		300	Der ----				
3+096.41	PC						
3+111.41	0.80						
3+135.05	0.80						
3+150.05	PT						
3+177.68							
3+179.68		60	Der 4.00				
3+207.32	PC						
3+222.32	2.50						
3+247.02	2.50						
3+262.02	PT						
3+292.02							
3+298.11		60	Izq 4.00				
3+328.11	PC						
3+343.11	2.50						
3+362.02	2.50						
3+377.02	PT						
3+407.02							

* PARA ESTE TIPO DE VÍA CON UNA $V_c = 45$ km/h NO ES NECESARIO EL PERALTE PARA RADIOS DE

DE CURVATURA MAYORES A 300 M.

* BOMBEO 2%

* LONGITUD DE TRANSICION $L_t = 45$ M. (2/3 HACIA ATRÁS DEL PC. Y 1/3 HACIA DELANTE DEL PC. Y VICEVERSA PARA EL PT.)

* LOS SOBREENCHOS SON CALCULADOS EN BASE AL TIPO DE VÍA, VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN $V_C=45$ KM/H Y RADIOS DE CURVATURA.

Fuente: Elaboración propia, 2026.

5.6. Alineamiento vertical

Con el trazado en planta ya definido, el siguiente paso fue trabajar el perfil longitudinal de la vía. Para ello se utilizó la información obtenida del levantamiento topográfico, a partir de la cual se generó el perfil del terreno natural a lo largo del eje previamente establecido.

Al observar el comportamiento del relieve se identificaron sectores con variaciones suaves y otros con cambios más marcados de pendiente. El objetivo en esta etapa fue plantear una rasante que permita mantener pendientes razonables, evitando tramos excesivamente inclinados que puedan afectar el desempeño de los vehículos, en especial los de carga.

El diseño del alineamiento vertical no consistió simplemente en unir puntos altos y bajos; fue necesario analizar cómo cada pendiente influía en el conjunto del tramo. En algunos sectores se redujo ligeramente la inclinación natural del terreno para mejorar las condiciones de circulación, mientras que en otros se permitió acompañar la pendiente existente para evitar movimientos de tierra innecesarios.

En los puntos donde se produjo un cambio de pendiente se incorporaron curvas verticales, buscando que la transición entre tramos ascendentes y descendentes no sea abrupta. Estas curvas permiten suavizar el perfil y mejorar la visibilidad a lo largo de la vía. Su longitud se determinó considerando la velocidad de diseño adoptada y las diferencias de pendiente entre los tramos conectados.

5.6.1. Procedimiento de cálculo del alineamiento vertical

Una vez definida la rasante se calculan las pendientes de entrada y salida

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta L} \times 100$$

Donde:

i es la pendiente longitudinal en porcentaje

Δh es la diferencia de cotas entre dos puntos consecutivos

ΔL es la distancia horizontal entre dichos puntos

Longitud de la curva vertical

$$L = K * A$$

Donde:

L es la longitud de la curva vertical

K es un parámetro de diseño asociado a la velocidad de diseño

A es la diferencia algebraica de pendientes

Abscisas

$$PCV = PIV - \frac{L}{2}$$

$$PTV = PIV + \frac{L}{2}$$

Donde:

PCV es el punto de comienzo de curva vertical

PTV punto de término de curva vertical

L es la longitud de la curva vertical

Cálculo de parámetros de la curva 11

Pendiente de entrada g1

$$g1 = \frac{238.02 - 238.21}{35} * 100 = -0.5429 \%$$

Pendiente de salida g2

$$g2 = \frac{239.18 - 238.02}{35} * 100 = 3.3143 \%$$

Diferencia algebraica de pendientes A

$$A = g2 - g1 = 3.3143 - (-0.5429) = 3.8572 \%$$

Cálculo de parámetro K

$$K = \frac{L}{A} = \frac{70}{3.8572} = 18.15 \approx 18$$

Tipo de curva vertical

Como g_1 es negativa y g_2 es positiva la curva vertical es cóncava.

Ubicación del punto bajo LOW PT

$$x = \frac{-g_1 * L}{A}$$

$$x = \frac{-(-0.5429) * (70)}{3.8572} = 9.85 \text{ m}$$

$$PVC + x = 2037.719 + 9.85 = 2047.57 \text{ msnm}$$

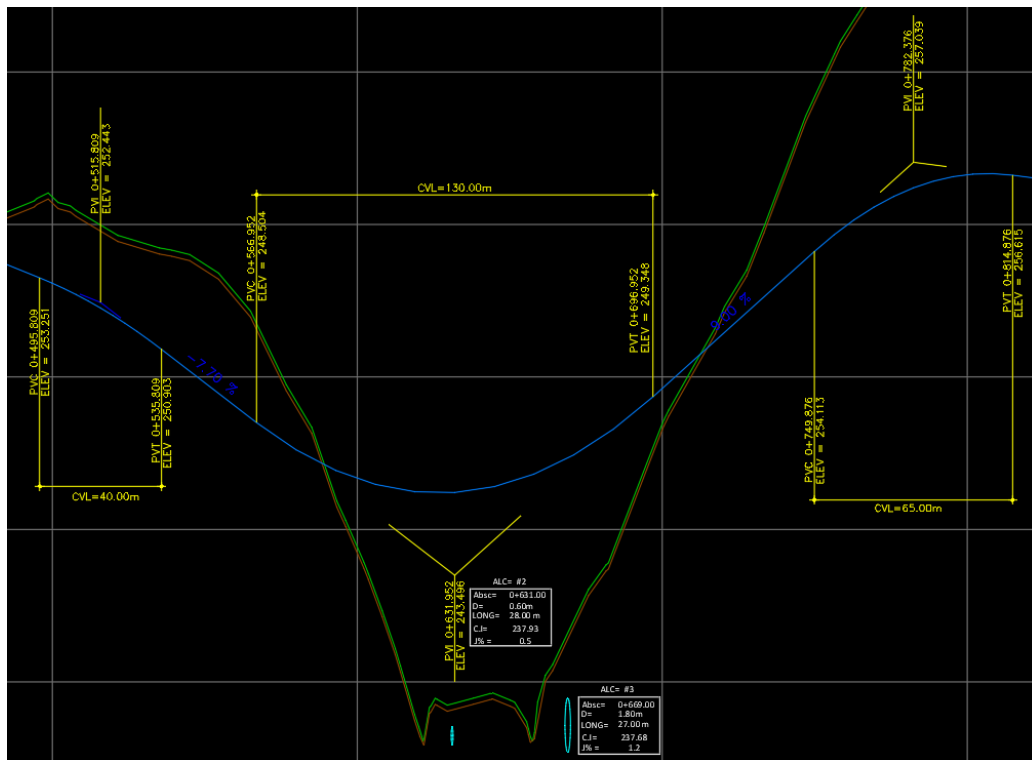
$$2 + 0.47.57$$

Cota del punto bajo

$$y = y_{pvc} + g_1 * x + \frac{A}{2L} * x^2$$

$$y = 238.21 + (-0.005429) * (9.85) + \frac{0.038572}{140} (9.85)^2 = 238.183 \text{ m}$$

Figura 23. Ejemplo de curva vertical



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Durante el ajuste final de la rasante se revisaron también los volúmenes de corte y relleno generados. En ciertos puntos fue necesario modificar ligeramente la pendiente proyectada para reducir desequilibrios importantes de material. Estos ajustes no alteraron los criterios técnicos establecidos, pero sí permitieron optimizar el comportamiento constructivo del tramo.

El resultado es un perfil longitudinal que mantiene coherencia con la topografía del sector, asegura pendientes compatibles con la operación prevista y establece transiciones verticales suaves a lo largo del corredor.

Se muestra a continuación los datos del diseño vertical de la vía:

Point	Chn	Elev	Parameters	Distance	Grade
PVI	0+000.000	259.70		83.817	-2.00%
PVC	0+068.817	258.33	K= 6		
PVI	0+083.817	258.03	LC= 30.000		
PVT	0+098.817	256.94		91.372	-7.25%
PVC	0+115.189	255.75	K= 8		
PVI	0+175.189	251.41	LC= 120.000		
PVT	0+235.189	256.18			
LOW PT	0+172.395	253.68	Sight= 47.506	123.339	7.95%
PVC	0+258.528	258.03	K= 7		
PVI	0+298.528	261.22	LC= 80.000		
PVT	0+338.528	259.60			
HI PT	0+311.592	260.14	Sight= 53.321	217.281	-4.04%
PVC	0+495.809	253.25	K= 11		
PVI	0+515.809	252.44	LC= 40.000		
PVT	0+535.809	250.90		116.142	-7.70%
PVC	0+566.952	248.50	K= 8		
PVI	0+631.952	243.50	LC= 130.000		
PVT	0+696.952	249.35			
LOW PT	0+626.897	246.19	Sight= 47.022	150.425	9.00%
PVC	0+749.876	254.11	K= 6		
PVI	0+782.376	257.04	LC= 65.000		
PVT	0+814.876	256.62			
HI PT	0+806.657	256.67	Sight= 51.841	305.368	-1.30%
PVC	1+057.744	253.45	K= 11		
PVI	1+087.744	253.06	LC= 60.000		
PVT	1+117.744	251.09		168.889	-6.56%

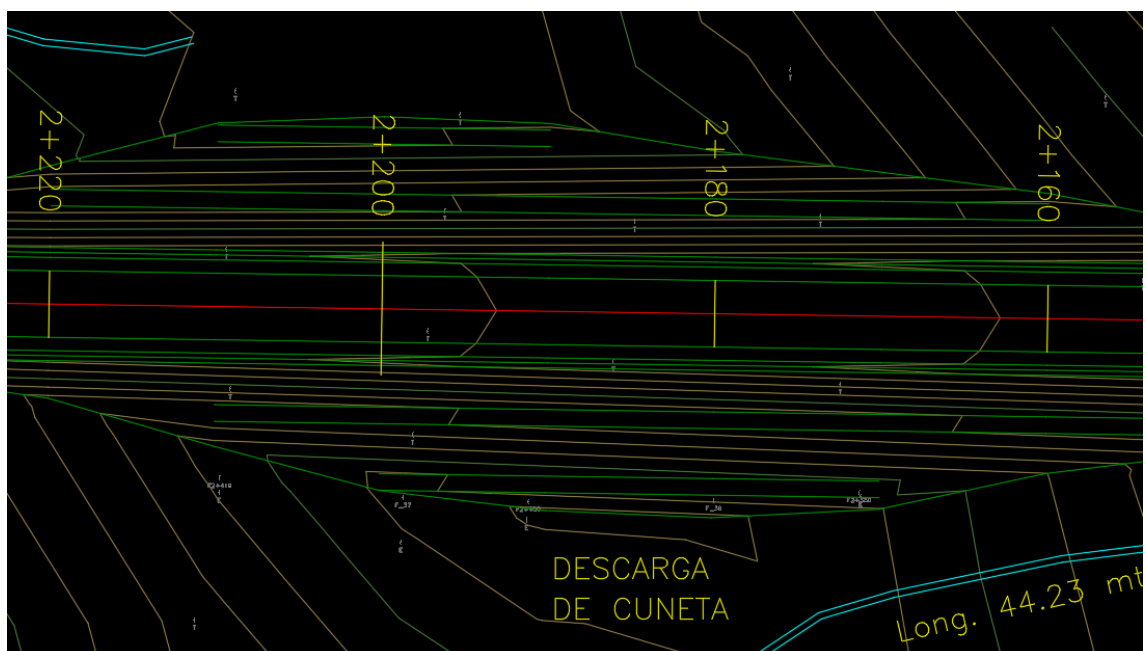
PVC	1+224.133	244.11	K=	12		
PVI	1+256.633	241.98	LC=	65.000		
PVT	1+289.133	241.63				
					263.960	-1.10%
PVC	1+485.594	239.47	K=	64		
PVI	1+520.594	239.08	LC=	70.000		
PVT	1+555.594	239.08				
					352.090	0.00%
PVC	1+840.183	239.08	K=	123		
PVI	1+872.683	239.08	LC=	65.000		
PVT	1+905.183	238.91				
HI PT	1+840.183	239.08	Sight=	434.371		
					200.036	-0.53%
PVC	2+037.719	238.21	K=	18		
PVI	2+072.719	238.02	LC=	70.000		
PVT	2+107.719	239.18				
LOW PT	2+047.397	238.18	Sight=	92.960		
					181.312	3.30%
PVC	2+221.531	242.94	K=	7		
PVI	2+254.031	244.01	LC=	65.000		
PVT	2+286.531	242.20				
HI PT	2+245.685	243.34	Sight=	55.809		
					149.007	-5.59%
PVC	2+363.038	237.92	K=	7		
PVI	2+403.038	235.69	LC=	80.000		
PVT	2+443.038	237.94				
LOW PT	2+402.893	236.81	Sight=	44.242		
					161.540	5.63%
PVC	2+539.578	243.37	K=	14		
PVI	2+564.578	244.78	LC=	50.000		
PVT	2+589.578	245.32				
					101.398	2.17%
PVC	2+635.976	246.33	K=	17		
PVI	2+665.976	246.98	LC=	60.000		
PVT	2+695.976	248.70				
					208.349	5.73%
PVC	2+829.325	256.35	K=	6		
PVI	2+874.325	258.92	LC=	90.000		
PVT	2+919.325	254.48				
HI PT	2+862.393	257.29	Sight=	49.579		
					117.773	-9.87%
PVC	2+959.597	250.51	K=	7		
PVI	2+992.097	247.30	LC=	65.000		
PVT	3+024.597	247.11				
PVC	3+104.640	246.63	K=	13		
PVI	3+127.140	246.50	LC=	45.000		
PVT	3+149.640	245.57				
					158.243	-4.13%
PVC	3+230.383	242.23	K=	12		
PVI	3+285.383	239.96	LC=	110.000		
PVT	3+340.383	242.72				
LOW PT	3+280.050	241.21	Sight=	64.367		
					100.403	5.02%
PVC	3+363.286	243.87	K=	9		
PVI	3+385.786	245.00	LC=	45.000		
PVT	3+408.286	245.00				
HI PT	3+408.286	245.00	Sight=	64.946		
					36.597	0.00%
PVI	3+422.382	245.00				

5.7. Movimiento de tierras

Una vez definida la rasante del proyecto fue posible identificar con mayor claridad las zonas donde el terreno natural debía modificarse para ajustarse al perfil diseñado. A partir de la comparación entre el terreno existente y la línea de proyecto se determinaron los sectores en corte y los sectores en relleno a lo largo del eje vial.

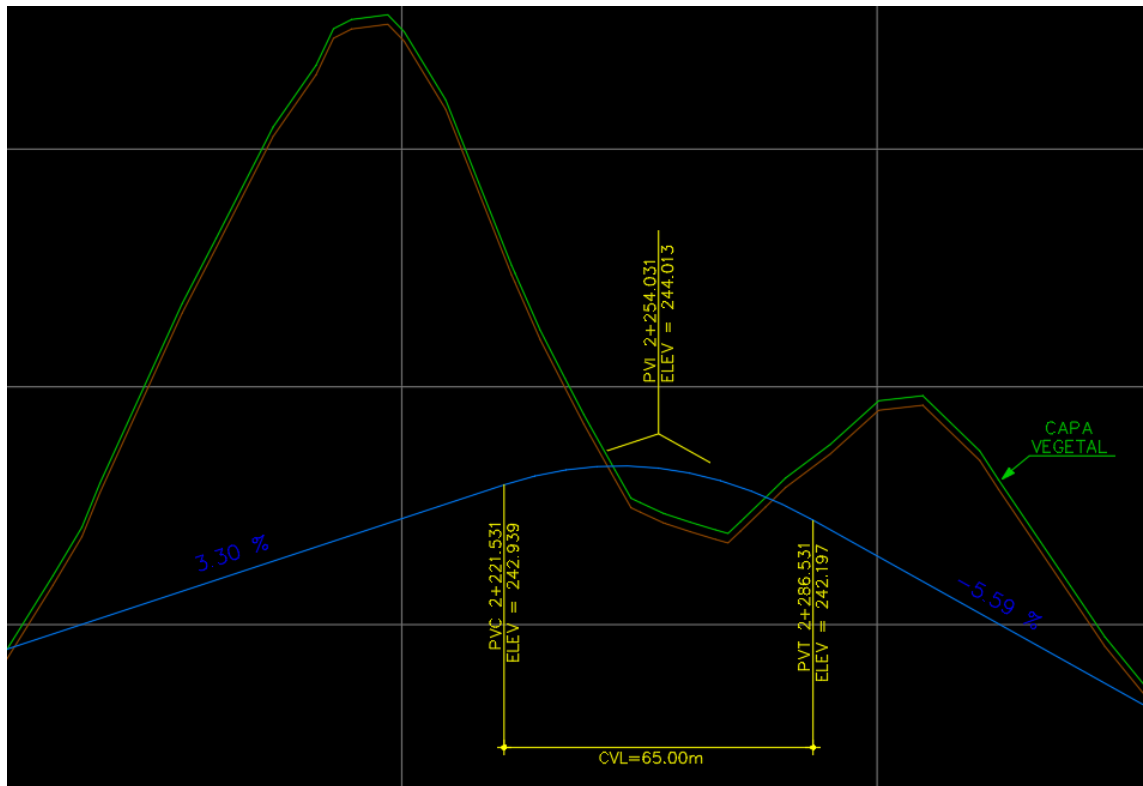
El análisis no se limitó a cuantificar volúmenes; primero se revisó el comportamiento general del perfil para identificar dónde se estaban generando cortes excesivos o rellenos demasiado altos. En algunos tramos, especialmente en zonas con cambios pronunciados de nivel, fue necesario reajustar ligeramente la rasante para evitar taludes muy inclinados o movimientos de tierra que no resultaban técnicamente convenientes.

Figura 24. Ejemplo tramo en corte



Fuente: Elaboración propia, 2026.

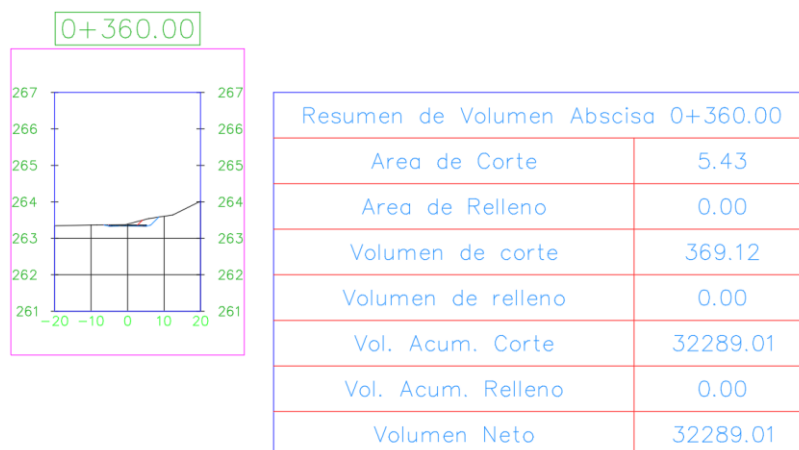
Figura 25. Ejemplo tramo en corte



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Para el cálculo de volúmenes se trabajó por secciones transversales, tomando distancias regulares a lo largo del eje. En cada sección se determinó el área de corte o relleno y posteriormente se integraron los resultados para obtener el volumen total del tramo. Este procedimiento permitió tener una estimación más precisa del material a excavar y del material requerido para conformar los terraplenes.

Figura 26. Ejemplo de sección transversal



Fuente: Elaboración propia, 2026.

También se consideró el comportamiento del suelo en términos constructivos. El material excavado no siempre puede reutilizarse directamente como relleno sin un proceso de adecuación y compactación. Por esta razón, el análisis incluyó una revisión preliminar de la calidad del suelo, con el fin de estimar si los cortes podían compensar parcial o totalmente los rellenos proyectados.

Durante esta etapa se mantuvo un equilibrio entre los volúmenes de corte y relleno, lo que permitió reducir la necesidad de transporte externo de material. Este criterio responde tanto a una optimización de recursos como a consideraciones constructivas que facilitan la ejecución de la obra en campo.

El estudio de movimiento de tierras permitió afinar la propuesta geométrica, asegurando que el diseño no solo sea técnicamente correcto en términos normativos, sino también viable desde el punto de vista constructivo.

A continuación, se muestra el resumen del movimiento de tierras obtenido después del diseño de la vía.

SUPERFICIES

Estación	Med Area Fin		Inadec. Sq. m.	Inc volumen		Inadec. Cu. m.	Volumen acum				
	Desmonte	Terraplén		Desmonte	Terraplén		Total	Desmonte	Terraplén	Inadec.	Tot acm
	Sq. m.	Sq. m.		Cu. m.	Cu. m.		Cu. m.	Cu. m.	Cu. m.	Cu. m.	Cu. m.
0+000.000:1	0.00	87.77	0.00			0.00	-707.82	0.00	707.82	0.00	-707.82
0+010.000:1	0.00	53.79	0.00	0.00	707.82	0.00					
0+020.000:1	0.00	17.46	0.00	0.00	356.23	0.00	-356.23	0.00	1064.04	0.00	-1064.04
0+030.000:1	2.01	0.00	0.00	10.04	87.28	0.00	-77.24	10.04	1151.32	0.00	-1141.29
0+040.000:1	16.51	0.00	0.00	92.07	0.00	0.00	92.07	102.11	1151.32	0.00	-1049.22
0+050.000:1	33.92	0.00	0.00	249.85	0.00	0.00	249.85	351.95	1151.32	0.00	-799.37
0+060.000:1	46.87	0.00	0.00	399.83	0.00	0.00	399.83	751.78	1151.32	0.00	-399.54
0+070.000:1	50.89	0.00	0.00	483.35	0.00	0.00	483.35	1235.13	1151.32	0.00	83.81
0+080.000:1	53.77	0.00	0.00	517.20	0.00	0.00	517.20	1752.34	1151.32	0.00	601.01
0+090.000:1	47.22	0.00	0.00	497.52	0.00	0.00	497.52	2249.86	1151.32	0.00	1098.53
0+100.000:1	19.87	0.00	0.00	328.69	0.00	0.00	328.69	2578.54	1151.32	0.00	1427.22
0+110.000:1	0.00	15.95	0.00	96.85	81.60	0.00	15.25	2675.39	1232.93	0.00	1442.47
0+120.000:1	0.00	41.76	0.00	0.00	295.03	0.00	-295.03	2675.39	1527.95	0.00	1147.44
0+130.000:1	0.00	58.86	0.00	0.00	503.14	0.00	-503.14	2675.39	2031.10	0.00	644.30
0+140.000:1	0.00	89.79	0.00	0.00	743.25	0.00	-743.25	2675.39	2774.35	0.00	-98.95
0+150.000:1	0.00	147.03	0.00	0.00	1184.10	0.00	-1184.10	2675.39	3958.45	0.00	-1283.05
0+160.000:1	0.00	187.09	0.00	0.00	1670.61	0.00	-1670.61	2675.39	5629.05	0.00	-2953.66
0+170.000:1	0.00	172.43	0.00	0.00	1797.60	0.00	-1797.60	2675.39	7426.65	0.00	-4751.26
0+180.000:1	0.00	56.03	0.00	0.00	1142.30	0.00	-1142.30	2675.39	8568.96	0.00	-5893.57
0+190.000:1	0.00	6.29	0.00	0.00	311.58	0.00	-311.58	2675.39	8880.54	0.00	-6205.15
0+200.000:1	15.13	0.00	0.00	75.63	31.44	0.00	44.19	2751.03	8911.98	0.00	-6160.95
0+210.000:1	39.19	0.00	0.00	271.56	0.00	0.00	271.56	3022.59	8911.98	0.00	-5889.39
0+220.000:1	60.80	0.00	0.00	499.91	0.00	0.00	499.91	3522.50	8911.98	0.00	-5389.48
0+230.000:1	80.32	0.00	0.00	705.59	0.00	0.00	705.59	4228.09	8911.98	0.00	-4683.89
0+240.000:1	85.13	0.00	0.00	827.25	0.00	0.00	827.25	5055.33	8911.98	0.00	-3856.65
0+250.000:1	82.40	0.00	0.00	837.64	0.00	0.00	837.64	5892.98	8911.98	0.00	-3019.00
0+260.000:1	70.92	0.00	0.00	765.99	0.00	0.00	765.99	6658.96	8911.98	0.00	-2253.02
0+270.000:1	52.80	0.00	0.00	618.57	0.00	0.00	618.57	7277.53	8911.98	0.00	-1634.45
0+280.000:1	33.12	0.00	0.00	430.11	0.00	0.00	430.11	7707.64	8911.98	0.00	-1204.34
0+290.000:1	21.23	0.00	0.00	272.64	0.00	0.00	272.64	7980.27	8911.98	0.00	-931.71
0+300.000:1	14.43	0.00	0.00	179.19	0.00	0.00	179.19	8159.47	8911.98	0.00	-752.51
0+310.000:1	12.15	0.00	0.00	133.48	0.00	0.00	133.48	8292.95	8911.98	0.00	-619.03
0+320.000:1	9.23	0.00	0.00	107.03	0.00	0.00	107.03	8399.98	8911.98	0.00	-512.00
0+330.000:1	7.19	0.00	0.00	81.93	0.00	0.00	81.93	8481.92	8911.98	0.00	-430.06
0+340.000:1	4.58	0.00	0.00	58.86	0.00	0.00	58.86	8540.78	8911.98	0.00	-371.20
0+350.000:1	0.99	2.58	0.00	27.86	12.88	0.00	14.98	8568.64	8924.86	0.00	-356.22
0+360.000:1	0.00	5.86	0.00	4.97	42.19	0.00	-37.22	8573.61	8967.05	0.00	-393.45
0+370.000:1	0.00	8.37	0.00	0.00	71.18	0.00	-71.18	8573.61	9038.23	0.00	-464.63
0+380.000:1	0.00	12.92	0.00	0.00	106.49	0.00	-106.49	8573.61	9144.73	0.00	-571.12
0+390.000:1	0.00	9.99	0.00	0.00	114.57	0.00	-114.57	8573.61	9259.30	0.00	-685.69
0+400.000:1	0.00	2.16	0.00	0.00	60.77	0.00	-60.77	8573.61	9320.07	0.00	-746.46
0+410.000:1	13.53	0.00	0.00	66.12	11.03	0.00	55.09	8639.73	9331.10	0.00	-691.38
0+420.000:1	30.59	0.00	0.00	215.61	0.00	0.00	215.61	8855.33	9331.10	0.00	-475.77
0+430.000:1	37.22	0.00	0.00	331.99	0.00	0.00	331.99	9187.33	9331.10	0.00	-143.78
0+440.000:1	27.17	0.00	0.00	314.24	0.00	0.00	314.24	9501.57	9331.10	0.00	170.46
0+450.000:1	11.13	0.00	0.00	184.57	0.01	0.00	184.56	9686.13	9331.11	0.00	355.02
0+460.000:1	4.12	12.68	0.00	71.91	66.86	0.00	5.05	9758.04	9397.97	0.00	360.07
0+470.000:1	6.23	4.67	0.00	48.02	91.24	0.00	-43.22	9806.06	9489.21	0.00	316.85
0+480.000:1	15.74	0.00	0.00	104.14	24.38	0.00	79.75	9910.20	9513.59	0.00	396.60
0+490.000:1	22.63	0.00	0.00	184.10	0.00	0.00	184.10	10094.30	9513.59	0.00	580.71
0+500.000:1	27.90	0.00	0.00	245.02	0.00	0.00	245.02	10339.32	9513.59	0.00	825.72
0+510.000:1	27.83	0.00	0.00	271.60	0.00	0.00	271.60	10610.91	9513.59	0.00	1097.32
0+520.000:1	28.53	0.00	0.00	274.03	0.00	0.00	274.03	10884.95	9513.59	0.00	1371.35
0+530.000:1	30.17	0.00	0.00	285.80	0.00	0.00	285.80	11170.75	9513.59	0.00	1657.15
0+540.000:1	34.59	0.00	0.00	320.41	0.00	0.00	320.41	11491.15	9513.59	0.00	1977.56
0+550.000:1	34.78	0.00	0.00	346.84	0.00	0.00	346.84	11838.00	9513.59	0.00	2324.40
0+560.000:1	31.01	0.00	0.00	328.97	0.00	0.00	328.97	12166.97	9513.59	0.00	2653.38
0+570.000:1	22.88	0.00	0.00	269.46	0.00	0.00	269.46	12436.43	9513.59	0.00	2922.84
0+580.000:1	12.19	0.00	0.00	175.35	0.00	0.00	175.35	12611.78	9513.59	0.00	3098.18
0+590.000:1	0.42	3.82	0.00	63.02	19.12	0.00	43.90	12674.80	9532.71	0.00	3142.09
0+600.000:1	0.00	37.82	0.00	2.10	204.95	0.00	-202.85	12676.90	9737.66	0.00	2939.24
0+610.000:1	0.00	85.26	0.00	0.00	582.53	0.00	-582.53	12676.90	10320.19	0.00	2356.71
0+620.000:1	0.00	144.75	0.00	0.00	1118.73	0.00	-1118.73	12676.90	11438.92	0.00	1237.98
0+630.000:1	0.00	129.20	0.00	0.00	1351.74	0.00	-1351.74	12676.90	12790.66	0.00	-113.77

0+650.000:1	0.00	140.74	0.00	0.00	1313.18	0.00	-1313.18	12676.90	15360.57	0.00	-2683.67
0+660.000:1	0.00	140.00	0.00	0.00	1392.65	0.00	-1392.65	12676.90	16753.21	0.00	-4076.31
0+670.000:1	0.00	90.28	0.00	0.00	1151.43	0.00	-1151.43	12676.90	17904.64	0.00	-5227.74
0+680.000:1	0.00	61.87	0.00	0.00	760.77	0.00	-760.77	12676.90	18665.41	0.00	-5988.51
0+690.000:1	0.00	36.38	0.00	0.00	491.24	0.00	-491.24	12676.90	19156.66	0.00	-6479.76
0+700.000:1	0.00	22.13	0.00	0.00	292.54	0.00	-292.54	12676.90	19449.19	0.00	-6772.30
0+710.000:1	0.10	10.17	0.00	0.50	161.51	0.00	-161.01	12677.40	19610.70	0.00	-6933.31
0+720.000:1	4.37	0.05	0.00	22.36	51.11	0.00	-28.75	12699.76	19661.82	0.00	-6962.06
0+730.000:1	12.99	0.00	0.00	86.79	0.25	0.00	86.54	12786.56	19662.07	0.00	-6875.52
0+740.000:1	29.48	0.00	0.00	212.33	0.00	0.00	212.33	12998.88	19662.07	0.00	-6663.19
0+750.000:1	48.11	0.00	0.00	387.94	0.00	0.00	387.94	13386.83	19662.07	0.00	-6275.24
0+760.000:1	68.94	0.00	0.00	583.87	0.00	0.00	583.87	13970.70	19662.07	0.00	-5691.38
0+770.000:1	84.93	0.00	0.00	766.85	0.00	0.00	766.85	14737.55	19662.07	0.00	-4924.53
0+780.000:1	99.76	0.00	0.00	920.01	0.00	0.00	920.01	15657.56	19662.07	0.00	-4004.52
0+790.000:1	107.69	0.00	0.00	1033.78	0.00	0.00	1033.78	16691.34	19662.07	0.00	-2970.73
0+800.000:1	111.09	0.00	0.00	1090.79	0.00	0.00	1090.79	17782.13	19662.07	0.00	-1879.94
0+810.000:1	110.58	0.00	0.00	1104.85	0.00	0.00	1104.85	18886.98	19662.07	0.00	-775.09
0+820.000:1	108.01	0.00	0.00	1088.97	0.00	0.00	1088.97	19975.95	19662.07	0.00	313.88
0+830.000:1	103.48	0.00	0.00	1056.63	0.00	0.00	1056.63	21032.58	19662.07	0.00	1370.51
0+840.000:1	94.21	0.00	0.00	988.45	0.00	0.00	988.45	22021.02	19662.07	0.00	2358.95
0+850.000:1	78.37	0.00	0.00	862.90	0.00	0.00	862.90	22883.93	19662.07	0.00	3221.86
0+860.000:1	73.58	0.00	0.00	759.75	0.00	0.00	759.75	23643.68	19662.07	0.00	3981.61
0+870.000:1	46.85	0.00	0.00	602.14	0.00	0.00	602.14	24245.82	19662.07	0.00	4583.75
0+880.000:1	17.89	0.00	0.00	323.71	0.00	0.00	323.71	24569.52	19662.07	0.00	4907.45
0+890.000:1	1.49	0.54	0.00	96.89	2.69	0.00	94.20	24666.41	19664.76	0.00	5001.65
0+900.000:1	0.00	16.41	0.00	7.43	84.75	0.00	-77.32	24673.85	19749.51	0.00	4924.33
0+910.000:1	0.00	32.07	0.00	0.00	242.36	0.00	-242.36	24673.85	19991.87	0.00	4681.97
0+920.000:1	0.00	49.57	0.00	0.00	408.73	0.00	-408.73	24673.85	20400.61	0.00	4273.24
0+930.000:1	0.00	56.56	0.00	0.00	534.52	0.00	-534.52	24673.85	20935.13	0.00	3738.72
0+940.000:1	0.00	54.61	0.00	0.00	561.93	0.00	-561.93	24673.85	21497.05	0.00	3176.79
0+950.000:1	0.00	44.56	0.00	0.00	502.22	0.00	-502.22	24673.85	21999.27	0.00	2674.58
0+960.000:1	0.00	29.09	0.00	0.00	373.32	0.00	-373.32	24673.85	22372.59	0.00	2301.26
0+970.000:1	0.00	15.92	0.00	0.00	226.07	0.00	-226.07	24673.85	22598.66	0.00	2075.19
0+980.000:1	0.00	6.01	0.00	0.00	109.64	0.00	-109.64	24673.85	22708.30	0.00	1965.55
0+990.000:1	2.97	0.09	0.00	14.87	30.51	0.00	-15.64	24688.71	22738.81	0.00	1949.91
1+000.000:1	11.45	0.00	0.00	72.12	0.44	0.00	71.67	24760.83	22739.25	0.00	2021.58
1+010.000:1	28.73	0.00	0.00	200.88	0.00	0.00	200.88	24961.72	22739.25	0.00	2222.47
1+020.000:1	53.23	0.00	0.00	409.77	0.00	0.00	409.77	25371.48	22739.25	0.00	2632.23
1+030.000:1	82.12	0.00	0.00	676.73	0.00	0.00	676.73	26048.21	22739.25	0.00	3308.96
1+040.000:1	117.32	0.00	0.00	997.20	0.00	0.00	997.20	27045.41	22739.25	0.00	4306.16
1+050.000:1	144.11	0.00	0.00	1307.17	0.00	0.00	1307.17	28352.58	22739.25	0.00	5613.33
1+060.000:1	168.59	0.00	0.00	1563.50	0.00	0.00	1563.50	29916.08	22739.25	0.00	7176.83
1+070.000:1	188.43	0.00	0.00	1785.09	0.00	0.00	1785.09	31701.17	22739.25	0.00	8961.92
1+080.000:1	198.70	0.00	0.00	1935.65	0.00	0.00	1935.65	33636.82	22739.25	0.00	10897.57
1+090.000:1	206.17	0.00	0.00	2024.35	0.00	0.00	2024.35	35661.17	22739.25	0.00	12921.92
1+100.000:1	214.45	0.00	0.00	2103.12	0.00	0.00	2103.12	37764.29	22739.25	0.00	15025.04
1+110.000:1	198.66	0.00	0.00	2065.56	0.00	0.00	2065.56	39829.85	22739.25	0.00	17090.60
1+120.000:1	160.86	0.00	0.00	1797.58	0.00	0.00	1797.58	41627.42	22739.25	0.00	18888.17
1+130.000:1	97.83	0.00	0.00	1293.45	0.00	0.00	1293.45	42920.87	22739.25	0.00	20181.62
1+140.000:1	45.01	0.00	0.00	714.24	0.00	0.00	714.24	43635.12	22739.25	0.00	20895.87
1+150.000:1	12.17	0.00	0.00	285.60	0.00	0.00	285.60	43920.72	22739.25	0.00	21181.47
1+160.000:1	0.00	13.63	0.00	60.63	67.48	0.00	-6.85	43981.35	22806.73	0.00	21174.61
1+170.000:1	0.00	25.56	0.00	0.00	194.21	0.00	-194.21	43981.35	23000.95	0.00	20980.40
1+180.000:1	0.00	42.21	0.00	0.00	336.74	0.00	-336.74	43981.35	23337.69	0.00	20643.66
1+190.000:1	0.00	86.84	0.00	0.00	646.45	0.00	-646.45	43981.35	23984.14	0.00	19997.21
1+200.000:1	0.00	128.80	0.00	0.00	1085.74	0.00	-1085.74	43981.35	25069.88	0.00	18911.47
1+210.000:1	0.00	135.22	0.00	0.00	1327.89	0.00	-1327.89	43981.35	26397.77	0.00	17583.58
1+220.000:1	0.00	137.13	0.00	0.00	1361.26	0.00	-1361.26	43981.35	27759.03	0.00	16222.32
1+230.000:1	0.00	88.09	0.00	0.00	1126.10	0.00	-1126.10	43981.35	28885.13	0.00	15096.22
1+240.000:1	0.00	76.24	0.00	0.00	821.65	0.00	-821.65	43981.35	29706.78	0.00	14274.57
1+250.000:1	0.00	66.46	0.00	0.00	713.51	0.00	-713.51	43981.35	30420.29	0.00	13561.06
1+260.000:1	0.00	70.19	0.00	0.00	683.29	0.00	-683.29	43981.35	31103.58	0.00	12877.76
1+270.000:1	0.00	63.91	0.00	0.00	670.53	0.00	-670.53	43981.35	31774.11	0.00	12207.24
1+280.000:1	0.00	49.44	0.00	0.00	566.78	0.00	-566.78	43981.35	32340.89	0.00	11640.46
1+290.000:1	0.00	46.26	0.00	0.00	478.50	0.00	-478.50	43981.35	32819.39	0.00	11161.96
1+300.000:1	0.00	40.08	0.00	0.00	431.66	0.00	-431.66	43981.35	33251.04	0.00	10730.31
1+310.000:1	0.00	31.17	0.00	0.00	356.20	0.00	-356.20	43981.35	33607.24	0.00	10374.11
1+320.000:1	0.00	23.82	0.00	0.00	274.90	0.00	-274.90	43981.35	33882.15	0.00	10099.20
1+330.000:1	0.00	16.66	0.00	0.00	202.36	0.00	-202.36	43981.35	34084.51	0.00	9896.84
1+340.000:1	0.00	12.85	0.00	0.00	147.56	0.00	-147.56	43981.35	34232.07	0.00	9749.28
1+350.000:1	0.00	14.74	0.00	0.00	138.56	0.00	-138.56	43981.35	34370.62	0.00	9610.73
1+360.000:1	0.00	22.39	0.00	0.00	186.42	0.00	-186.42	43981.35	34557.04	0.00	9424.31
1+370.000:1	0.00	30.33	0.00	0.00	264.51	0.00	-264.51	43981.35	34821.54	0.00	9159.81
1+380.000:1	0.00	38.01	0.00	0.00	342.53	0.00	-342.53	43981.35	35164.07	0.00	8817.28
1+390.000:1	0.00	43.83	0.00	0.00	409.85	0.00	-409.85	43981.35	35573.92	0.00	8407.43
1+400.000:1	0.00	47.35	0.00	0.00	456.38	0.00	-456.38	43981.35	36030.31	0.00	7951.04
1+410.000:1	0.00	48.25	0.00	0.00	477.99	0.00	-477.99	43981.35	36508.29	0.00	7473.06
1+420.000:1	0.00	48.47	0.00	0.00	483.60	0.00	-483.60	43981.35	36991.90	0.00	6989.45
1+430.000:1	0.00	45.67	0.00	0.00	470.71	0.00	-470.71	43981.35	37462.60	0.00	6518.75
1+440.000:1	0.00	44.06	0.00	0.00	448.68	0.00	-448.68	43981.35	37911.28	0.00	6070.07
1+450.000:1	0.00	42.47	0.00	0.00	432.67	0.00	-432.67	43981.35	38343.95	0.00	5637.40
1+460.000:1	0.00	40.84	0.00	0.00	416.57	0.00	-416.57	43981.35	38760.52	0.00	5220.82
1+470.000:1	0.00	39.28	0.00	0.00	400.64	0.00	-400.64	43981.35	39161.16	0.00	4820.19
1+480.000:1	0.00	37.79	0.00	0.00	385.36	0.00	-385.36	43981.35	39546.52	0.00	4434.83
1+490.000:1	0.00	38.29	0.00	0.00	380.41	0.00	-380.41	43981.35	39926.93	0.00	4054.42
1+500.000:1	0.00	37.32	0.00	0.00	378.07	0.00	-378.07	43981.35	40305.00	0.00	3676.35
1+510.000:1	0.00	41.66	0.00	0.00	394.89	0.00	-394.89	43981.35	40699.89	0.00	3281.46
1+520.000:1	0.00	39.92	0.00	0.00	407.91	0.00	-407.91	43981.35	41107.80	0.00	2873.55
1+530.000:1	0.00	33.65	0.00	0.00	367.86	0.00	-367.86	43981.35	41475.66	0.00	2505.69
1+540.000:1	0.00	32.87	0.00	0.00	332.61	0.00	-332.61	43981.35	41808.27	0.00	2173.08

1+550.000:1	0.00	32.30	0.00	0.00	325.84	0.00	-325.84	43981.35	42134.11	0.00	1847.24
1+560.000:1	0.00	31.45	0.00	0.00	318.72	0.00	-318.72	43981.35	42452.83	0.00	1528.52
1+570.000:1	0.00	31.58	0.00	0.00	315.12	0.00	-315.12	43981.35	42767.95	0.00	1213.40
1+580.000:1	0.00	30.36	0.00	0.00	309.70	0.00	-309.70	43981.35	43077.65	0.00	903.70
1+590.000:1	0.00	28.45	0.00	0.00	294.10	0.00	-294.10	43981.35	43371.75	0.00	609.60
1+600.000:1	0.00	25.81	0.00	0.00	271.33	0.00	-271.33	43981.35	43643.08	0.00	338.27
1+610.000:1	0.00	24.85	0.00	0.00	253.31	0.00	-253.31	43981.35	43896.39	0.00	84.96
1+620.000:1	0.00	24.15	0.00	0.00	244.99	0.00	-244.99	43981.35	44141.38	0.00	-160.03
1+630.000:1	0.00	23.62	0.00	0.00	238.86	0.00	-238.86	43981.35	44380.24	0.00	-398.89
1+640.000:1	0.00	24.73	0.00	0.00	241.74	0.00	-241.74	43981.35	44621.98	0.00	-640.63
1+650.000:1	0.00	24.35	0.00	0.00	245.37	0.00	-245.37	43981.35	44867.35	0.00	-886.00
1+660.000:1	0.00	26.22	0.00	0.00	252.83	0.00	-252.83	43981.35	45120.19	0.00	-1138.84
1+670.000:1	0.00	26.54	0.00	0.00	263.77	0.00	-263.77	43981.35	45383.96	0.00	-1402.61
1+680.000:1	0.00	25.66	0.00	0.00	260.99	0.00	-260.99	43981.35	45644.94	0.00	-1663.59
1+690.000:1	0.00	25.18	0.00	0.00	254.23	0.00	-254.23	43981.35	45899.17	0.00	-1917.82
1+700.000:1	0.00	24.92	0.00	0.00	250.53	0.00	-250.53	43981.35	46149.71	0.00	-2168.36
1+710.000:1	0.00	24.27	0.00	0.00	245.94	0.00	-245.94	43981.35	46395.65	0.00	-2414.30
1+720.000:1	0.00	23.66	0.00	0.00	239.64	0.00	-239.64	43981.35	46635.28	0.00	-2653.93
1+730.000:1	0.00	24.33	0.00	0.00	239.98	0.00	-239.98	43981.35	46875.26	0.00	-2893.91
1+740.000:1	0.00	24.53	0.00	0.00	244.35	0.00	-244.35	43981.35	47119.61	0.00	-3138.26
1+750.000:1	0.00	24.25	0.00	0.00	243.93	0.00	-243.93	43981.35	47363.53	0.00	-3382.18
1+760.000:1	0.00	23.89	0.00	0.00	240.68	0.00	-240.68	43981.35	47604.21	0.00	-3622.86
1+770.000:1	0.00	24.75	0.00	0.00	243.17	0.00	-243.17	43981.35	47847.38	0.00	-3866.03
1+780.000:1	0.00	24.50	0.00	0.00	246.25	0.00	-246.25	43981.35	48093.63	0.00	-4112.28
1+790.000:1	0.00	25.12	0.00	0.00	248.11	0.00	-248.11	43981.35	48341.74	0.00	-4360.39
1+800.000:1	0.00	24.70	0.00	0.00	249.11	0.00	-249.11	43981.35	48590.85	0.00	-4609.50
1+810.000:1	0.00	29.36	0.00	0.00	270.30	0.00	-270.30	43981.35	48861.15	0.00	-4879.80
1+820.000:1	0.00	29.76	0.00	0.00	295.57	0.00	-295.57	43981.35	49156.72	0.00	-5175.37
1+830.000:1	0.00	24.51	0.00	0.00	271.35	0.00	-271.35	43981.35	49428.07	0.00	-5446.72
1+840.000:1	0.00	23.37	0.00	0.00	239.40	0.00	-239.40	43981.35	49667.47	0.00	-5686.12
1+850.000:1	0.00	22.73	0.00	0.00	230.49	0.00	-230.49	43981.35	49897.96	0.00	-5916.61
1+860.000:1	0.00	20.87	0.00	0.00	217.98	0.00	-217.98	43981.35	50115.95	0.00	-6134.60
1+870.000:1	0.00	17.03	0.00	0.00	189.48	0.00	-189.48	43981.35	50305.43	0.00	-6324.08
1+880.000:1	0.00	10.24	0.00	0.00	136.35	0.00	-136.35	43981.35	50441.78	0.00	-6460.43
1+890.000:1	0.12	2.91	0.00	0.58	65.76	0.00	-65.18	43981.93	50507.54	0.00	-6525.61
1+900.000:1	3.13	0.01	0.00	16.22	14.61	0.00	1.61	43998.15	50522.15	0.00	-6524.00
1+910.000:1	8.60	0.00	0.00	58.63	0.05	0.00	58.58	44056.78	50522.20	0.00	-6465.42
1+920.000:1	12.81	0.00	0.00	107.04	0.00	0.00	107.04	44163.82	50522.20	0.00	-6358.38
1+930.000:1	16.05	0.00	0.00	144.31	0.00	0.00	144.31	44308.13	50522.20	0.00	-6214.07
1+940.000:1	18.58	0.00	0.00	173.18	0.00	0.00	173.18	44481.31	50522.20	0.00	-6040.89
1+950.000:1	19.89	0.00	0.00	192.39	0.00	0.00	192.39	44673.70	50522.20	0.00	-5848.50
1+960.000:1	19.26	0.00	0.00	195.76	0.00	0.00	195.76	44869.46	50522.20	0.00	-5652.74
1+970.000:1	17.26	0.00	0.00	182.58	0.00	0.00	182.58	45052.05	50522.20	0.00	-5470.15
1+980.000:1	16.71	0.00	0.00	169.83	0.00	0.00	169.83	45221.87	50522.20	0.00	-5300.33
1+990.000:1	18.04	0.00	0.00	173.75	0.00	0.00	173.75	45395.63	50522.20	0.00	-5126.58
2+000.000:1	18.67	0.00	0.00	183.56	0.00	0.00	183.56	45579.18	50522.20	0.00	-4943.02
2+010.000:1	18.65	0.00	0.00	186.61	0.00	0.00	186.61	45765.79	50522.20	0.00	-4756.41
2+020.000:1	15.05	0.00	0.00	168.53	0.00	0.00	168.53	45934.33	50522.20	0.00	-4587.88
2+030.000:1	10.23	0.00	0.00	126.42	0.00	0.00	126.42	46060.75	50522.20	0.00	-4461.45
2+040.000:1	2.32	0.05	0.00	62.74	0.25	0.00	62.49	46123.49	50522.46	0.00	-4398.96
2+050.000:1	0.00	6.90	0.00	11.58	34.74	0.00	-23.16	46135.07	50557.20	0.00	-4422.12
2+060.000:1	0.00	17.95	0.00	0.00	124.23	0.00	-124.23	46135.07	50681.42	0.00	-4546.35
2+070.000:1	0.00	27.84	0.00	0.00	228.92	0.00	-228.92	46135.07	50910.35	0.00	-4775.27
2+080.000:1	0.00	50.40	0.00	0.00	391.19	0.00	-391.19	46135.07	51301.54	0.00	-5166.46
2+090.000:1	0.00	34.28	0.00	0.00	423.42	0.00	-423.42	46135.07	51724.96	0.00	-5589.88
2+100.000:1	0.00	18.67	0.00	0.00	264.76	0.00	-264.76	46135.07	51989.72	0.00	-5854.64
2+110.000:1	0.00	9.48	0.00	0.00	140.72	0.00	-140.72	46135.07	52130.44	0.00	-5995.37
2+120.000:1	3.49	0.00	0.00	17.45	47.38	0.00	-29.92	46152.53	52177.82	0.00	-6025.29
2+130.000:1	11.87	0.00	0.00	76.81	0.00	0.00	76.81	46229.33	52177.82	0.00	-5948.49
2+140.000:1	28.69	0.00	0.00	202.81	0.00	0.00	202.81	46432.15	52177.82	0.00	-5745.67
2+150.000:1	51.24	0.00	0.00	399.66	0.00	0.00	399.66	46831.81	52177.82	0.00	-5346.01
2+160.000:1	76.58	0.00	0.00	639.09	0.00	0.00	639.09	47470.90	52177.82	0.00	-4706.92
2+170.000:1	106.66	0.00	0.00	916.19	0.00	0.00	916.19	48387.09	52177.82	0.00	-3790.73
2+180.000:1	134.05	0.00	0.00	1203.58	0.00	0.00	1203.58	49590.67	52177.82	0.00	-2587.15
2+190.000:1	147.41	0.00	0.00	1407.30	0.00	0.00	1407.30	50997.97	52177.82	0.00	-1779.85
2+200.000:1	132.26	0.00	0.00	1398.35	0.00	0.00	1398.35	52396.32	52177.82	0.00	218.50
2+210.000:1	97.53	0.00	0.00	1148.94	0.00	0.00	1148.94	53545.26	52177.82	0.00	1367.44
2+220.000:1	54.43	0.00	0.00	759.77	0.00	0.00	759.77	54305.04	52177.82	0.00	2127.22
2+230.000:1	23.13	0.00	0.00	387.39	0.00	0.00	387.39	54692.43	52177.82	0.00	2514.61
2+240.000:1	5.50	0.00	0.00	142.94	0.00	0.00	142.94	54835.37	52177.82	0.00	2657.55
2+250.000:1	0.00	6.84	0.00	27.43	34.30	0.00	-6.86	54862.81	52212.12	0.00	2650.69
2+260.000:1	0.00	9.48	0.00	0.00	81.80	0.00	-81.80	54862.81	52293.92	0.00	2568.88
2+270.000:1	0.00	8.47	0.00	0.00	89.99	0.00	-89.99	54862.81	52383.91	0.00	2478.90
2+280.000:1	2.54	0.18	0.00	12.64	43.34	0.00	-30.70	54875.44	52427.25	0.00	2448.19
2+290.000:1	12.72	0.00	0.00	76.30	0.88	0.00	75.42	54951.74	52428.13	0.00	2523.61
2+300.000:1	25.02	0.00	0.00	188.70	0.00	0.00	188.70	55140.44	52428.13	0.00	2712.31
2+310.000:1	32.54	0.00	0.00	287.79	0.00	0.00	287.79	55428.23	52428.13	0.00	3000.10
2+320.000:1	27.58	0.00	0.00	300.62	0.00	0.00	300.62	55728.85	52428.13	0.00	3300.71
2+330.000:1	20.10	0.00	0.00	238.41	0.00	0.00	238.41	55967.25	52428.13	0.00	3539.12
2+340.000:1	12.07	0.00	0.00	160.85	0.00	0.00	160.85	56128.11	52428.13	0.00	3699.97
2+350.000:1	5.13	0.00	0.00	86.01	0.00	0.00	86.01	56214.12	52428.13	0.00	3785.99
2+360.000:1	0.45	0.38	0.00	27.91	1.92	0.00	25.98	56242.03	52430.05	0.00	3811.97
2+370.000:1	0.00	4.16	0.00	2.24	22.70	0.00	-20.46	56244.27	52452.76	0.00	3791.51
2+380.000:1	0.00	6.38	0.00	0.00	52.69	0.00	-52.69	56244.27	52505.44	0.00	3738.83
2+390.000:1	0.00	11.20	0.00	0.00	87.89	0.00	-87.89	56244.27	52593.33	0.00	3650.94
2+400.000:1	0.00	18.84	0.00	0.00	150.17	0.00	-150.17	56244.27	52743.50	0.00	3500.77
2+410.000:1	0.00	18.51	0.00	0.00	186.75	0.00	-186.75	56244.27	52930.25	0.00	3314.02
2+420.000:1	0.00	27.59	0.00	0.00	230.52	0.00	-230.52	56244.27	53160.77	0.00	3003.50
2+430.000:1	0.00	40.02	0.00	0.00	338.03	0.00	-338.03	56244.27	53498.80	0.00	2745.47
2+440.000:1	0.00	8.52	0.00	0.00	242.68	0.00	-242.68	56244.27	53741.48	0.00	2502.79

2+450.000:1	4.28	0.00	0.00	21.41	42.56	0.00	-21.15	56265.68	53784.04	0.00	2481.64
2+460.000:1	12.50	0.00	0.00	83.92	0.00	0.00	83.92	56349.60	53784.04	0.00	2565.56
2+470.000:1	20.94	0.00	0.00	167.17	0.00	0.00	167.17	56516.77	53784.04	0.00	2732.74
2+480.000:1	31.76	0.00	0.00	263.38	0.00	0.00	263.38	56780.16	53784.04	0.00	2996.12
2+490.000:1	38.87	0.00	0.00	352.98	0.00	0.00	352.98	57133.14	53784.04	0.00	3349.10
2+500.000:1	47.47	0.00	0.00	431.56	0.00	0.00	431.56	57564.70	53784.04	0.00	3780.66
2+510.000:1	46.53	0.00	0.00	469.69	0.00	0.00	469.69	58034.39	53784.04	0.00	4250.35
2+520.000:1	35.49	0.00	0.00	409.71	0.00	0.00	409.71	58444.09	53784.04	0.00	4660.05
2+530.000:1	25.88	0.00	0.00	306.84	0.00	0.00	306.84	58750.93	53784.04	0.00	4966.89
2+540.000:1	11.66	0.00	0.00	187.69	0.00	0.00	187.69	58938.63	53784.04	0.00	5154.59
2+550.000:1	1.49	0.00	0.00	65.72	0.02	0.00	65.71	59004.35	53784.06	0.00	5220.29
2+560.000:1	0.00	10.47	0.00	7.43	52.38	0.00	-44.95	59011.78	53836.43	0.00	5175.35
2+570.000:1	0.00	25.14	0.00	0.00	178.05	0.00	-178.05	59011.78	54014.49	0.00	4997.29
2+580.000:1	0.00	35.01	0.00	0.00	300.75	0.00	-300.75	59011.78	54315.24	0.00	4696.54
2+590.000:1	0.00	33.84	0.00	0.00	344.26	0.00	-344.26	59011.78	54659.50	0.00	4352.28
2+600.000:1	0.00	30.78	0.00	0.00	323.11	0.00	-323.11	59011.78	54982.22	0.00	4029.16
2+610.000:1	0.00	20.65	0.00	0.00	257.16	0.00	-257.16	59011.78	55239.77	0.00	3772.01
2+620.000:1	0.00	14.70	0.00	0.00	176.74	0.00	-176.74	59011.78	55416.51	0.00	3595.27
2+630.000:1	0.00	8.09	0.00	0.00	113.96	0.00	-113.96	59011.78	55530.47	0.00	3481.31
2+640.000:1	0.28	4.09	0.00	1.39	60.90	0.00	-59.51	59013.17	55591.37	0.00	3421.80
2+650.000:1	8.39	0.00	0.00	43.33	20.43	0.00	22.91	59056.50	55611.80	0.00	3444.70
2+660.000:1	18.93	0.00	0.00	136.61	0.00	0.00	136.61	59193.11	55611.80	0.00	3581.31
2+670.000:1	30.51	0.00	0.00	247.22	0.00	0.00	247.22	59440.33	55611.80	0.00	3828.53
2+680.000:1	30.87	0.00	0.00	306.91	0.00	0.00	306.91	59747.24	55611.80	0.00	4135.44
2+690.000:1	24.20	0.00	0.00	275.34	0.00	0.00	275.34	60022.58	55611.80	0.00	4410.78
2+700.000:1	17.70	0.00	0.00	209.50	0.00	0.00	209.50	60232.09	55611.80	0.00	4620.29
2+710.000:1	10.59	0.00	0.00	141.45	0.00	0.00	141.45	60373.54	55611.80	0.00	4761.74
2+720.000:1	4.59	0.00	0.00	75.90	0.01	0.00	75.89	60449.43	55611.81	0.00	4837.62
2+730.000:1	4.00	0.16	0.00	42.99	0.82	0.00	42.16	60492.42	55612.63	0.00	4879.79
2+740.000:1	3.68	0.33	0.00	38.43	2.46	0.00	35.97	60530.85	55615.09	0.00	4915.76
2+750.000:1	4.53	0.14	0.00	40.68	2.36	0.00	38.32	60571.54	55617.45	0.00	4954.09
2+760.000:1	6.32	0.00	0.00	53.80	0.71	0.00	53.08	60625.33	55618.16	0.00	5007.17
2+770.000:1	13.79	0.00	0.00	100.03	0.01	0.00	100.02	60725.36	55618.18	0.00	5107.18
2+780.000:1	21.85	0.00	0.00	177.63	0.00	0.00	177.63	60902.99	55618.18	0.00	5284.81
2+790.000:1	35.09	0.00	0.00	284.07	0.00	0.00	284.07	61187.06	55618.18	0.00	5568.89
2+800.000:1	49.95	0.00	0.00	424.73	0.00	0.00	424.73	61611.80	55618.18	0.00	5993.62
2+810.000:1	67.69	0.00	0.00	588.44	0.00	0.00	588.44	62200.24	55618.18	0.00	6582.06
2+820.000:1	80.08	0.00	0.00	739.81	0.00	0.00	739.81	62940.05	55618.18	0.00	7321.87
2+830.000:1	78.28	0.00	0.00	792.30	0.00	0.00	792.30	63732.35	55618.18	0.00	8114.17
2+840.000:1	69.06	0.00	0.00	735.50	0.00	0.00	735.50	64467.85	55618.18	0.00	8849.67
2+850.000:1	51.64	0.00	0.00	600.90	0.00	0.00	600.90	65068.75	55618.18	0.00	9450.57
2+860.000:1	28.13	0.00	0.00	396.14	0.00	0.00	396.14	65464.89	55618.18	0.00	9846.71
2+870.000:1	16.75	0.04	0.00	222.35	0.20	0.00	222.15	65687.24	55618.37	0.00	10068.86
2+880.000:1	9.84	1.40	0.00	131.52	7.29	0.00	124.23	65818.75	55625.66	0.00	10193.09
2+890.000:1	6.72	1.74	0.00	81.77	15.87	0.00	65.89	65900.52	55641.53	0.00	10258.99
2+900.000:1	15.61	0.00	0.00	110.54	8.79	0.00	101.75	66011.05	55650.32	0.00	10360.74
2+910.000:1	17.28	0.00	0.00	162.88	0.00	0.00	162.88	66173.94	55650.32	0.00	10523.62
2+920.000:1	41.55	0.00	0.00	291.95	0.00	0.00	291.95	66465.88	55650.32	0.00	10815.57
2+930.000:1	60.16	0.00	0.00	505.89	0.00	0.00	505.89	66971.77	55650.32	0.00	11321.45
2+940.000:1	45.09	0.00	0.00	525.11	0.00	0.00	525.11	67496.87	55650.32	0.00	11846.56
2+950.000:1	25.71	0.00	0.00	354.41	0.00	0.00	354.41	67851.28	55650.32	0.00	12200.96
2+960.000:1	13.21	0.00	0.00	195.02	0.00	0.00	195.02	68046.30	55650.32	0.00	12395.98
2+970.000:1	2.57	1.14	0.00	79.22	5.62	0.00	73.60	68125.52	55655.94	0.00	12469.58
2+980.000:1	0.64	4.18	0.00	16.22	26.29	0.00	-10.07	68141.74	55682.23	0.00	12459.52
2+990.000:1	0.00	10.29	0.00	3.22	72.38	0.00	-69.16	68144.96	55754.61	0.00	12390.35
3+000.000:1	0.00	7.60	0.00	0.00	89.46	0.00	-89.46	68144.96	55844.07	0.00	12300.89
3+010.000:1	0.69	1.47	0.00	3.46	45.36	0.00	-41.91	68148.42	55889.43	0.00	12258.98
3+020.000:1	5.45	0.00	0.00	30.70	7.37	0.00	23.33	68179.12	55896.80	0.00	12282.32
3+030.000:1	17.38	0.00	0.00	114.15	0.00	0.00	114.15	68293.27	55896.80	0.00	12396.46
3+040.000:1	26.01	0.00	0.00	216.97	0.00	0.00	216.97	68510.24	55896.80	0.00	12613.43
3+050.000:1	23.37	0.00	0.00	246.92	0.00	0.00	246.92	68757.16	55896.80	0.00	12860.36
3+060.000:1	23.03	0.00	0.00	232.03	0.00	0.00	232.03	68989.19	55896.80	0.00	13092.38
3+070.000:1	26.51	0.00	0.00	247.70	0.00	0.00	247.70	69236.89	55896.80	0.00	13340.08
3+080.000:1	35.06	0.00	0.00	307.81	0.00	0.00	307.81	69544.70	55896.80	0.00	13647.89
3+090.000:1	46.76	0.00	0.00	409.06	0.00	0.00	409.06	69953.76	55896.80	0.00	14056.95
3+100.000:1	62.57	0.00	0.00	546.80	0.00	0.00	546.80	70500.55	55896.80	0.00	14603.75
3+110.000:1	66.83	0.00	0.00	647.99	0.00	0.00	647.99	71148.55	55896.80	0.00	15251.74
3+120.000:1	52.40	0.00	0.00	596.79	0.00	0.00	596.79	71745.34	55896.80	0.00	15848.53
3+130.000:1	33.12	0.00	0.00	427.83	0.00	0.00	427.83	72173.16	55896.80	0.00	16276.36
3+140.000:1	14.98	0.00	0.00	240.62	0.00	0.00	240.62	72413.78	55896.80	0.00	16516.98
3+150.000:1	0.23	2.01	0.00	76.12	9.97	0.00	66.15	72489.90	55906.77	0.00	16583.13
3+160.000:1	0.00	26.49	0.00	1.15	142.49	0.00	-141.34	72491.05	56049.26	0.00	16441.79
3+170.000:1	0.00	65.45	0.00	0.00	459.71	0.00	-459.71	72491.05	56508.97	0.00	15982.08
3+180.000:1	0.00	98.33	0.00	0.00	818.90	0.00	-818.90	72491.05	57327.88	0.00	15163.17
3+190.000:1	0.00	127.94	0.00	0.00	1131.37	0.00	-1131.37	72491.05	58459.25	0.00	14031.80
3+200.000:1	0.00	145.88	0.00	0.00	1369.13	0.00	-1369.13	72491.05	59828.38	0.00	12662.67
3+210.000:1	0.00	153.56	0.00	0.00	1493.64	0.00	-1493.64	72491.05	61322.02	0.00	11169.04
3+220.000:1	0.00	140.83	0.00	0.00	1435.10	0.00	-1435.10	72491.05	62757.12	0.00	9733.93
3+230.000:1	0.00	128.79	0.00	0.00	1300.95	0.00	-1300.95	72491.05	64058.07	0.00	8432.98
3+240.000:1	0.00	99.38	0.00	0.00	1099.59	0.00	-1099.59	72491.05	65157.66	0.00	7333.39
3+250.000:1	0.00	84.51	0.00	0.00	890.05	0.00	-890.05	72491.05	66047.71	0.00	6443.34
3+260.000:1	0.00	75.86	0.00	0.00	777.07	0.00	-777.07	72491.05	66824.78	0.00	5666.27
3+270.000:1	0.00	74.05	0.00	0.00	747.96	0.00	-747.96	72491.05	67572.74	0.00	4918.31
3+280.000:1	0.00	76.02	0.00	0.00	750.33	0.00	-750.33	72491.05	68323.07	0.00	4167.98
3+290.000:1	0.00	78.73	0.00	0.00	773.71	0.00	-773.71	72491.05	69096.79	0.00	3394.26
3+300.000:1	0.00	81.25	0.00	0.00	799.88	0.00	-799.88	72491.05	69896.66	0.00	2594.39
3+310.000:1	0.00	97.46	0.00	0.00	893.56	0.00	-893.56	72491.05	70790.23	0.00	1700.82
3+320.000:1	0.00	128.35	0.00	0.00	1129.07	0.00	-1129.07	72491.05	71919.30	0.00	571.75
3+330.000:1	0.00	131.45	0.00	0.00	1297.58	0.00	-1297.58	72491.05	73216.88	0.00	-725.83
3+340.000:1	0.00	143.89	0.00	0.00	1341.15	0.00	-1341.15	72491.05	74558.04	0.00	-2066.99

3+350.000:1	0.00	143.99	0.00	0.00	1408.10	0.00	-1408.10	72491.05	75966.14	0.00	-3475.09
3+360.000:1	0.00	161.12	0.00	0.00	1495.74	0.00	-1495.74	72491.05	77461.88	0.00	-4970.82
3+370.000:1	0.00	174.82	0.00	0.00	1643.68	0.00	-1643.68	72491.05	79105.56	0.00	-6614.51
3+380.000:1	0.00	169.38	0.00	0.00	1690.52	0.00	-1690.52	72491.05	80796.08	0.00	-8305.03
3+390.000:1	0.00	121.45	0.00	0.00	1454.15	0.00	-1454.15	72491.05	82250.23	0.00	-9759.17
3+400.000:1	0.00	85.71	0.00	0.00	1035.78	0.00	-1035.78	72491.05	83286.00	0.00	-10794.95
3+410.000:1	0.00	54.75	0.00	0.00	702.26	0.00	-702.26	72491.05	83988.26	0.00	-11497.21
3+420.000:1	0.00	28.01	0.00	0.00	413.76	0.00	-413.76	72491.05	84402.02	0.00	-11910.97
3+422.381:1	0.00	22.40	0.00	0.00	60.01	0.00	-60.01	72491.05	84462.03	0.00	-11970.98

----- TOTALES -----	
Fill	84462.03 Cu. m.
EARTH	72491.05 Cu. m.

Terraplén	84462.03 Cu. m.
Desmonte	72491.05 Cu. m.
Inadecuado	0.00 Cu. m.
-- TOTAL	-----
NECESARIO	11970.98 Cu. m.

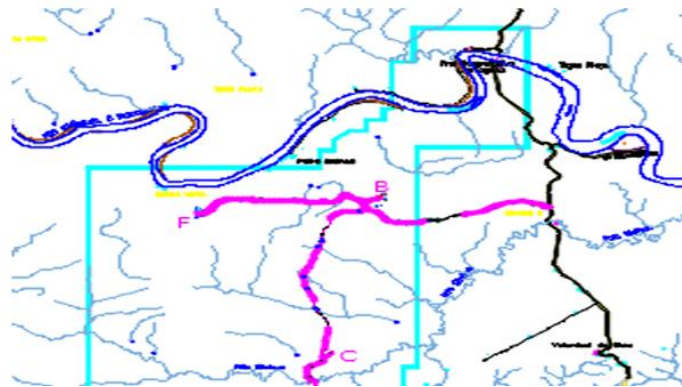
De las tablas anteriores correspondientes al movimiento de tierra se puede indicar que a lo largo del trazado existe una variación constante entre zonas de corte y de relleno, lo cual responde directamente a la forma del terreno. En los primeros tramos se requiere mayor cantidad de material para terraplén, lo que indica que la rasante se ha proyectado por encima del nivel natural del suelo; mientras que en los sectores intermedios y finales predominan los cortes, debido a que el terreno presenta elevaciones superiores al eje de la vía. En términos generales, se estiman aproximadamente 72,491.05 m³ de material de corte frente a 84,462.03 m³ de relleno, lo que evidencia un faltante cercano a 11,970.98 m³. Esta diferencia hace necesario considerar el uso de material de préstamo para completar los terraplenes. Sin embargo, la distribución de los volúmenes a lo largo del tramo no presenta concentraciones críticas, lo que favorece el proceso constructivo y reduce posibles inconvenientes relacionados con la estabilidad del terreno, especialmente si se considera que el proyecto se ubica en una zona con condiciones climáticas exigentes.

5.8. Diseño de drenaje superficial

El diseño del drenaje superficial del tramo considerado no se planteó únicamente como un elemento complementario del proyecto, sino como una necesidad técnica

derivada de las condiciones climáticas propias del sector. De acuerdo con el estudio hidrológico del Bloque 90 – Sahino, la zona se caracteriza por presentar precipitaciones elevadas distribuidas a lo largo del año, con eventos de lluvia de intensidad considerable en periodos cortos de tiempo.

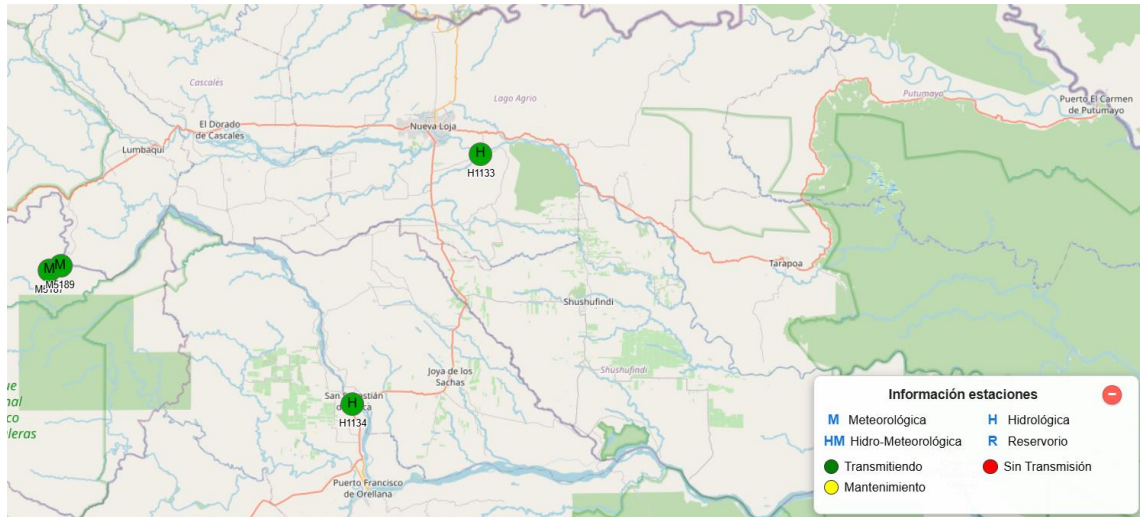
Figura 27. Mapa Hidrológico del sector



Fuente: Elaboración propia, 2026.

El análisis pluviométrico desarrollado en el estudio hidrológico considera información de estaciones meteorológicas cercanas y curvas intensidad–duración–frecuencia (IDF) para distintos periodos de retorno. Estos datos permiten estimar caudales máximos esperados en función de la superficie de aporte y las características del terreno. La presencia de una red hidrográfica bien definida dentro del bloque, evidenciada en los planos cartográficos, confirma que el escurrimiento superficial es un factor relevante en el comportamiento del suelo.

Figura 28. Ubicación estaciones meteorológicas e Hidrológicas.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

La ubicación del proyecto dispone de 3 ecuaciones de intensidad ajustadas a ciertos rasgos de tiempos de concentración.

Las ecuaciones son las siguientes:

$$\begin{aligned}
 I_{TR} &= 57,237 I_{dTR} (t)^{-0,273} && \text{para } t \text{ entre } 5 \text{ Min} < 34,53 \text{ Min} \\
 I_{TR} &= 120,85 I_{dTR} (t)^{-0,484} && \text{para } t \text{ entre } 34,53 \text{ Min} < 71,20 \text{ Min} \\
 I_{TR} &= 721,86 I_{dTR} (t)^{-0,903} && \text{para } t \text{ entre } 71,20 \text{ Min} < 1440 \text{ Min}
 \end{aligned}$$

Bajo estas condiciones, el diseño geométrico de la vía debía contemplar pendientes transversales adecuadas que faciliten el escurrimiento inmediato del agua hacia los bordes. En las secciones tipo se incorporaron inclinaciones que permiten evacuar el agua sin generar acumulaciones sobre la superficie de rodadura.

Adicionalmente, se consideró la necesidad de cunetas laterales en los sectores donde el relieve natural favorece la concentración de flujo. El dimensionamiento preliminar de estos elementos tomó como referencia los caudales estimados en el estudio hidrológico, buscando garantizar que el agua sea conducida de manera controlada y no afecte la estabilidad de los taludes ni la estructura del terraplén.

Para el tiempo de concentración se utilizó la fórmula de KIRPICH, la misma que ha arrojado resultados satisfactorios en los proyectos viales del país y se presenta a continuación:

$$T_c = \left(0.87 * \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde: Tc es el tiempo de concentración

L es la longitud del cauce principal en Kilómetros

H es el desnivel en metros

La incorporación de criterios hidráulicos dentro del diseño geométrico responde directamente a la realidad climática del sector. No se trata únicamente de cumplir una disposición normativa, sino de adaptar la infraestructura a un entorno donde la precipitación es un factor determinante en el desempeño y durabilidad de la vía.

Para el cálculo de los caudales se utilizó el método racional y la ecuación de Manning para conductos a superficie libre:

$$Q = 0.00278 * C * I * A$$

Donde:

Q es el caudal de diseño en m³/s

C es el coeficiente de escurrimiento

I es la intensidad de lluvia en mm/h

A es el área de la cuenca (ha)

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

Donde;

Q es el caudal conducido en m³/s

n es el coeficiente de rugosidad de Manning

A es el área hidráulica de la sección en m²

R es el radio Hidráulico en m

S es la pendiente hidráulica de la cuneta.

Cálculo de cuneta abscisa 1+093

Tiempo de concentración

$$T_c = \left(0.87 * \frac{1.23^3}{35.73} \right)^{0.385} = 18.18 \text{ min}$$

Intensidad de lluvia

$$I_{tr} = 57.237 * I_{dtr} * t^{-0.273}$$

$$I_{tr} = 57.237 * 9.5 * 18.18^{-0.273} = 246.34 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

Caudal de diseño

$$Q = 0.00278 * C * I * A$$

$$Q = 0.00278 * 0.30 * 246.34 * 25.53 = 5.2408 \text{ m}^3/\text{s}$$

Verificación hidráulica de la cuneta

$$D = 1.50 \text{ m}$$

$$i = 10\% = 0.10$$

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} = 6.1237 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{Qd}{Qo} = \frac{5.24084}{6.12637} = 0.86$$

$$Qd < Qo$$

Verificación tirante relativo

$$\frac{d}{D} = 0.73$$

$$d = 0.73 * 1.50 = 1.095 \text{ m}$$

Velocidad de diseño

$$V_o = 3.47 \text{ m/s}$$

$$\frac{V}{V_o} = 1.08$$

$$V = 1.08 * 3.47 = 3.73 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Verificación tensión tractiva

$$\tau = \gamma * R * S = 9810 * 0.42 * 0.01 = 41.20 \text{ N/m}^2$$

A continuación, se muestran los resultados del proceso de diseño:

UBICACIÓN	LONGITUD CUENCA (Km)	AREA DE CUENCA (Ha)	COTAS DE LA CUENCA			AGUAS LLUVIAS . METODO RACIONAL				Qd DISEÑO (l/s)	DATOS HIDRAULICOS							Radio Hidraulico (m)	TENSION TRACTIVA (N/m2)	
			MAXIMA (m)	MINIMA (m)	DELTA (m)	COEFICIENTE ESCURRI-MIENTO (C)	PERIODO RETORNO (años)	TIEMPO CON-CENTRACION (min)	I INTENSIDAD (mm/h)		I %	D DIAMETRO (m)	Vo (m/s)	Qo (m3/s)	Qd/Qo	d/D	V/Vo			V (m/s)
								Kirpich												
De Via al Bloque Victor Hugo Ruales - Plataforma "B"																				
0 + 117	0,54	10,61	272,000	230,880	41,12	0,30	100,00	6,73	323,15	2857,17	10	1,20	2,99	3,37891	0,85	0,73	1,07	3,21	0,33	33,36
0 + 344	0,62	15,85	275,000	231,080	43,92	0,30	100,00	7,68	311,62	4115,94	8	1,50	3,10	5,47959	0,75	0,66	1,04	3,22	0,40	31,69
1 + 093	1,23	25,53	267,000	231,27	35,73	0,30	100,00	18,18	246,34	5240,84	10	1,50	3,47	6,12637	0,86	0,73	1,08	3,73	0,42	41,91
1 + 676	1,09	35,03	267,000	234,58	32,42	0,30	100,00	16,49	253,00	7385,40	10	1,80	3,91	9,96215	0,74	0,65	1,03	4,05	0,47	47,27
2 + 184	1,20	40,64	267,000	233,60	33,40	0,30	100,00	18,14	246,50	8348,11	10	1,80	3,91	9,96215	0,84	0,72	1,07	4,19	0,50	49,84
2 + 387	0,35	6,01	245,000	234,58	10,42	0,30	100,00	6,77	322,58	1615,60	5	1,20	2,11	2,38925	0,68	0,61	1,01	2,13	0,30	15,14
2 + 650	0,88	14,03	265,000	238,41	26,59	0,30	100,00	13,82	265,49	3104,70	10	1,20	2,99	3,37891	0,92	0,78	1,10	3,28	0,35	34,58
2 + 790	0,60	14,03	276,000	236,81	39,19	0,30	100,00	7,68	311,69	3645,06	14	1,20	3,53	3,99798	0,91	0,77	1,10	3,88	0,34	48,25
2 + 895	0,77	14,03	275,000	237,68	37,32	0,30	100,00	10,45	286,52	3350,69	12	1,20	3,27	3,70141	0,91	0,77	1,09	3,58	0,34	41,23
3 + 227	0,56	9,70	275,000	240,51	34,49	0,30	100,00	7,40	314,87	2545,20	8	1,20	2,67	3,02219	0,84	0,72	1,07	2,86	0,33	26,64
3 + 772	0,43	10,48	282,000	253,50	28,50	0,30	100,00	5,86	335,49	2929,92	10	1,20	2,99	3,37891	0,87	0,74	1,08	3,23	0,34	33,73
3 + 965	0,22	2,88	280,000	240,51	39,49	0,30	100,00	5,00	350,41	840,99	5	1,20	2,11	2,38925	0,35	0,41	0,88	1,87	0,25	12,46
4 + 236	0,20	2,47	283,000	246,44	36,56	0,30	100,00	5,00	350,41	721,27	5	1,20	2,11	2,38925	0,30	0,37	0,86	1,81	0,24	11,93

UBICACIÓN	LONGITUD CUENCA (Km)	AREA DE CUENCA (Ha)	COTAS DE LA CUENCA			AGUAS LLUVIAS . METODO RACIONAL				Qd DISEÑO (l/s)	DATOS HIDRAULICOS								OBSERVACIONES			
			MAXIMA (m)	MINIMA (m)	DELTA (m)	COEFICIENTE ESCURRI-MIENTO (C)	PERIODO RETORNO (años)	TIEMPO CON-CENTRACION (min)	I INTENSIDAD (mm/h)		I %o	D DIAMETRO (m)	Vo (m/s)	Qo (m3/s)	Qd/Qo	d/D	V/Vo	V (m/s)		Radio Hidraulico (m)	TENSION TRACTIVA (N/m2)	
																						Kirpich
Desde Vía asfaltada - Plataforma "E"																						
1 + 736	1,43	6,38	289,000	282,11	6,89	0,30	100,00	40,89	190,52	1012,91	5	1,20	2,11	2,38925	0,42	0,45	0,92	1,93	0,26	13,13		
1 + 817	0,38	8,41	285,000	283,39	1,61	0,30	100,00	15,49	257,34	1803,49	5	1,20	2,11	2,38925	0,75	0,66	1,04	2,19	0,32	15,88		
2 + 147	0,38	8,10	285,000	283,95	1,05	0,30	100,00	18,00	247,01	1667,30	5	1,20	2,11	2,38925	0,70	0,62	1,02	2,15	0,31	15,35		
2 + 693	0,33	7,43	285,000	283,32	1,68	0,30	100,00	13,07	269,55	1668,96	5	1,20	2,11	2,38925	0,70	0,62	1,02	2,15	0,31	15,35		

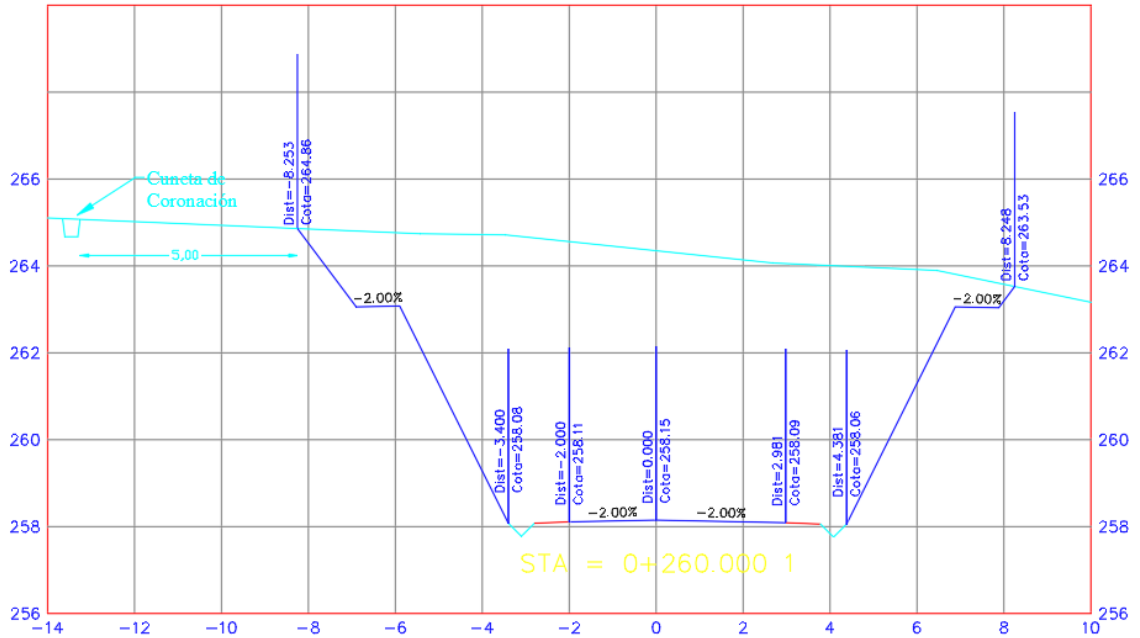
UBICACIÓN	LONGITUD CUENCA (Km)	AREA DE CUENCA (Ha)	COTAS DE LA CUENCA			AGUAS LLUVIAS . METODO RACIONAL				Qd DISEÑO (l/s)	DATOS HIDRAULICOS								OBSERVACIONES			
			MAXIMA (m)	MINIMA (m)	DELTA (m)	COEFICIENTE ESCURRI-MIENTO (C)	PERIODO RETORNO (años)	TIEMPO CON-CENTRACION (min)	I INTENSIDAD (mm/h)		I %o	D DIAMETRO (m)	Vo (m/s)	Qo (m3/s)	Qd/Qo	d/D	V/Vo	V (m/s)		Radio Hidraulico (m)	TENSION TRACTIVA (N/m2)	
																						Kirpich
Desde la Plataforma "D" - Plataforma "C"																						
0 + 551	0,48	15,20	272,000	248,250	23,75	0,30	100,00	7,13	318,10	4029,21	16	1,20	3,78	4,27402	0,94	0,79	1,11	4,19	0,35	55,95		
1 + 949	0,77	12,52	265,000	248,490	16,51	0,30	100,00	14,36	262,71	2740,96	8	1,20	2,67	3,02219	0,91	0,77	1,10	2,93	0,34	27,51		
1 + 567	0,77	14,56	262,000	240,89	21,11	0,30	100,00	13,03	269,80	3273,63	12	1,20	3,27	3,70141	0,88	0,75	1,09	3,56	0,34	40,82		
1 + 803	0,71	17,45	262,000	238,74	23,26	0,30	100,00	11,39	279,85	4069,43	16	1,20	3,78	4,27402	0,95	0,80	1,11	4,20	0,35	56,19		
2 + 077	0,58	40,64	265,000	236,53	28,47	0,30	100,00	8,28	305,38	10342,12	11	1,80	4,11	10,44839	0,99	0,83	1,12	4,61	0,54	58,93		
3 + 771	0,00									52460,00	4,6	15,00 x 1,92	2,07	80,2200				2,07	1,10	50,60	Puente río Aquas Negras	
5 + 113	0,00									155900,00	1,2	35,00 x 2,93	1,39	239,2200				1,39	1,71	20,52	Puente río Sinhue	

UBICACIÓN	LONGITUD CUENCA (Km)	AREA DE CUENCA (Ha)	COTAS DE LA CUENCA			AGUAS LLUVIAS - METODO RACIONAL					DATOS HIDRAULICOS								OBSERVACIONES		
			MAXIMA (m)	MINIMA (m)	DELTA (m)	COEFICIENTE ESCURRI-MIENTO (C)	PERIODO RETORNO (años)	TIEMPO CON-CENTRACION (min)	I INTENSIDAD (mm/h)	Qd DISEÑO (l/s)	I %	D DIAMETRO (m)	Vo (m/s)	Qo (m3/s)	Qd/Qo	d/D	V/Vo	V (m/s)		Radio Hidraulico (m)	TENSION TRACTIVA (N/m2)
De Plataforma "C" - Plataforma "B"																					
1 + 359	3,43	286,44	286,000	232,610	53,39	0,30	100,00	51,11	171,03 6 tuberías	40824,80 6804,13	13,4	1,50	4,01	7,09178	0,96	0,80	1,11	4,47	0,44	59,02	3 tub en 1 + 156,44 y 2 en 1 + 345,36 Alcantarilla triple en cada sitio
1 + 922	0,65	11,34	273,000	235,500	37,50	0,30	100,00	8,63	301,90	2852,94	10	1,20	2,99	3,37891	0,84	0,73	1,07	3,21	0,33	33,34	
2 + 266	0,89	38,89	284,000	237,65	46,35	0,30	100,00	11,37	280,04	9075,62	11	1,80	4,11	10,44839	0,87	0,74	1,08	4,44	0,51	55,69	
3 + 143	0,71	28,06	284,000	238,32	45,68	0,30	100,00	8,84	299,93	7013,26	10	1,80	3,91	9,96215	0,70	0,63	1,02	3,99	0,46	46,22	
3 + 325	0,49	10,45	283,000	241,05	41,95	0,30	100,00	5,90	335,01	2917,38	10	1,20	2,99	3,37891	0,86	0,74	1,08	3,23	0,34	33,66	
4 + 533	0,65	13,63	285,000	245,73	39,27	0,30	100,00	8,42	303,99	3452,80	14	1,20	3,53	3,99798	0,86	0,74	1,08	3,82	0,34	47,13	

UBICACIÓN	LONGITUD CUENCA (Km)	AREA DE CUENCA (Ha)	COTAS DE LA CUENCA			AGUAS LLUVIAS . METODO RACIONAL				Qd DISEÑO (l/s)	DATOS HIDRAULICOS							Radio Hidraulico (m)	TENSION TRACTIVA (N/m2)	OBSERVACIONES	
			MAXIMA (m)	MINIMA (m)	DELTA (m)	COEFICIENTE ESCURRI-MIENTO (C)	PERIODO RETORNO (años)	TIEMPO CON-CENTRACION (min) Kirpich	I INTENSIDAD (mm/h)		I %	D DIAMETRO (m)	Vo (m/s)	Qo (m3/s)	Qd/Qo	d/D	V/Vo				V (m/s)
			De Via a B - Plataforma "F"																		
0 + 160	0,48	7,29	282,000	242,690	39,31	0,30	100,00	5,96	334,06	2029,39	8	1,20	2,67	3,02219	0,67	0,61	1,00	2,68	0,30	24,15	
0 + 631	0,15	0,30	275,000	238,11	36,89	0,30	100,00	5	350,41	87,60	5	0,60	1,33	0,37628	0,23	0,32	0,82	1,09	0,11	5,54	
0 + 669	0,62	28,70	285,000	238,090	46,91	0,30	100,00	7,49	313,78	7504,61	12	1,80	4,29	10,91299	0,69	0,62	1,01	4,34	0,46	54,90	
1 + 219	1,66	48,93	287,000	236,05	50,95	0,30	100,00	22,54	232,30	9472,08	11	1,80	4,11	10,44839	0,91	0,77	1,10	4,50	0,52	56,73	
1 + 536	0,55	15,93	267,000	235,43	31,57	0,30	100,00	7,48	313,92	4167,30	18	1,20	4,01	4,53328	0,92	0,78	1,10	4,41	0,35	62,26	
2 + 082	0,36	12,03	262,000	233,45	28,55	0,30	100,00	5	350,41	3512,90	18	1,20	4,01	4,53328	0,77	0,68	1,05	4,20	0,32	57,82	
2 + 403	0,39	6,22	263,000	234,02	28,98	0,30	100,00	5,18	347,10	1799,15	16	1,20	3,78	4,27402	0,42	0,45	0,91	3,45	0,26	41,94	
2 + 429	0,43	7,50	263,000	233,40	29,60	0,30	100,00	5,85	335,66	2097,87	16	1,20	3,78	4,27402	0,49	0,49	0,94	3,56	0,27	43,80	
3 + 216	0,42	17,55	263,000	234,18	28,82	0,30	100,00	5,78	336,80	4925,67	12	1,50	3,80	6,71110	0,73	0,65	1,03	3,91	0,39	47,06	
3 + 320	0,38	22,46	263,000	233,03	29,97	0,30	100,00	5,09	348,70	6526,52	14	1,50	4,10	7,24882	0,90	0,76	1,09	4,48	0,43	59,99	

Producto del proceso de diseño se tiene las secciones transversales de todos los elementos de drenaje, a continuación, se muestra como ejemplo la siguiente sección transversal correspondiente a la abscisa 0+260.

Figura 29. Ejemplo de sección transversal de drenaje



Fuente: Elaboración propia, 2026.

5.9. Planos de diseño geométrico

Se anexan en formato pdf al presente documento.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El análisis realizado permitió confirmar que el tramo entre la Plataforma B y la Plataforma F puede desarrollarse bajo parámetros geométricos acordes a una vía Clase V, sin necesidad de adoptar criterios propios de carreteras de mayor jerarquía. La clasificación obtenida a partir del tránsito proyectado resultó coherente con la función operativa del camino dentro del bloque.

El estudio topográfico evidenció que el terreno presenta variaciones altimétricas importantes, aunque manejables desde el punto de vista técnico. Esta condición influyó directamente en la definición del alineamiento horizontal y vertical, orientando el diseño hacia una solución que se adapte al relieve en lugar de forzarlo.

La definición de la velocidad de diseño permitió establecer radios de curvatura, pendientes y curvas verticales compatibles con la circulación de vehículos de carga, que constituyen el tránsito predominante en la vía. La selección de estos parámetros respondió más a la realidad operativa del proyecto que a criterios teóricos aislados.

El análisis del movimiento de tierras mostró que el trazado propuesto mantiene una relación razonable entre cortes y rellenos. Durante el proceso de ajuste del perfil fue posible optimizar ciertos sectores para evitar intervenciones innecesarias, lo que favorece la viabilidad constructiva del proyecto.

El diseño geométrico desarrollado integra aspectos de topografía, tránsito y drenaje dentro de una misma lógica técnica. No se trata únicamente de cumplir valores normativos, sino de plantear una solución que funcione adecuadamente en las condiciones reales del entorno amazónico donde se emplaza el tramo.

Recomendaciones

Antes de iniciar la etapa constructiva, se recomienda realizar una verificación en campo del eje proyectado, con el fin de comprobar que las condiciones actuales del terreno coincidan con la información topográfica utilizada para el diseño. En zonas amazónicas, los cambios por erosión o escorrentía pueden modificar ligeramente la morfología del terreno con el tiempo.

Durante la ejecución del movimiento de tierras, es importante mantener un control riguroso de la compactación en los sectores de relleno, especialmente en áreas donde el suelo natural presenta humedad elevada. Una mala conformación de terraplenes podría generar asentamientos diferenciales que afecten la estabilidad futura de la vía.

Se sugiere prestar especial atención al drenaje superficial, garantizando que cunetas y pendientes transversales se construyan conforme a lo proyectado. En un entorno con alta pluviosidad, el agua puede convertirse en el principal factor de deterioro si no se maneja adecuadamente desde el inicio.

Para futuras intervenciones o ampliaciones dentro del bloque, se recomienda mantener coherencia con los parámetros geométricos adoptados en este tramo. Esto permitirá conservar uniformidad en la red interna de caminos y evitar transiciones bruscas entre diferentes estándares de diseño.

Por último, sería conveniente realizar evaluaciones periódicas del comportamiento de la vía una vez entre en operación, observando especialmente el desempeño en temporada lluviosa. La experiencia en servicio puede aportar información valiosa para ajustar criterios en proyectos similares dentro del mismo entorno.

Referencias

- AASHTO. (2018). *American Association of State Highway and Transportation Officials*. Retrieved from <https://store.transportation.org/Item/PublicationDetail?ID=189>
- Alvarracin, D., & Quito, M. (2024). *Diseño geométrico y estructural de pavimento de la vía san cristobal ABSCISA 2+900 hasta la ABSCISA 5+800. Tesis de pregrado. Universidad politecnica salesiana de Ecuador*. Retrieved from <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27032/1/UPS-CT011214.pdf>
- Bernal, C. (2021). *Metodología de la investigación. Tercera edición. PEARSON EDUCACIÓN*. Retrieved from <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Bravo, S. (2025). *UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABI*. Retrieved from *Diseño geométrico-funcional y su incidencia en las condiciones viales, ingreso sur desde By pass hasta calle Alejo Lascano, ciudad Jipijapa*: <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/8597/1/Bravo%20Macias%20Salom%C3%B3n%20Antonio.pdf>
- Cal, P., Leach, M., & Cardenas, J. (2018). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. Ciudad de México: Alfaomega.
- Córdoba, E., Alonso, J., & Moya, L. (2006). *Perspectivas para el ordenamiento de la pesca y la acuicultura en el área de integración fronteriza Colombo - Peruana del río Putumayo*. Retrieved from <https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/6a50564f-1558-450d-906c-c0a2eef9be42/content>
- Crespo, J. (2020). *Revelando el sistema de carreteras en Ecuador. Anotaciones sobre La ordenación de la red vial. El cantón de Cuenca. Revista Redalyc. Numero 19, Volumen 13. págs. 103-104*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/3536/353665746009/html/>

- Fustamante, J. (2025). *Diseño Geométrico y Modelado 3D utilizando Metodologías Building Information Modeling (BIM) para el estudio definitivo de una carretera de Tercer Orden*. *Revista Ruizz Gallo*. 9-187. Retrieved from <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/14769>
- Garzón, Y. (2025). *Análisis de precisión de un modelo digital de terreno construido a partir de un levantamiento topográfico con dron*. *Revista UPB*. 1(2). 12-76. Retrieved from <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/12383>
- GOBIERNO MUNICIPAL DE SUCUMBIOS. (2023). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (PDOT) Y EL PLAN DE USO Y GESTION DEL SUELO (PUGS) DEL CANTON SUCUMBIOS*. Retrieved from <https://www.gadmsucumbios.gob.ec/web/pd-y-ot/>
- Guerrero, R. (S.f). *GUIA PRACTICA PARA CONSTRUCCION, REHABILITACION Y MEJORA DE CAMINOS RURALES AGRICOLAS Y TURISTICOS DE MONTAÑA* . Retrieved from https://www.academia.edu/download/60888506/GUIA_RAPIDA_PARA_DISENO-REHABILITACION_Y_MEJORA_DE_VIA_AGRICOLA_EN_MONTANA20191013-33369-p4d2sj.pdf
- Hernández, R. (2020). *Metodología de la investigación*. . Retrieved from chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/metodologia-de-la-investigaci%C3%83%C2%B3n_sampieri.pdf
- Huang. (2004). *Pavement analysis and design (2nd ed.)*. Pearson Prentice Hall.
- Hudiel, S. (2011). *Diseño y cálculo Geométrico de Viales - Alineamiento Horizontal*. Retrieved from <https://www.academia.edu/download/46379925/curvas-horizontalestransiciones-y-peraltes1-141021210610-conversion-gate01.pdf>
- INHAMI. (2026, marzo). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Retrieved from <https://www.inamhi.gob.ec/>
- ISO-128-20, 2. (2022). *Normalizacio del dibujo. Elaboración e interpretación de dibujos técnico*. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/595610801/Norma-ISO-128-20>
- Jarrín, A. (2020). *Análisis de modelos digitales de terreno para la obtención de un mapa de*

- densidad de drenaje mediante softwares fotogramétricos y sistemas de información geográfica para imágenes obtenidas con UAV, resultados aplicados a estudios morfométricos en laderas.* Retrieved from <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21313>
- Lituma, T., & Becerra, M. (2024). *Diseño geométrico y estructural de 3.78 km para la vía camino al cielo de la parroquia Checa, Cantón Cuenca. Tesis de pregrado. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.* . Retrieved from <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26982/1/UPS-CT011185.pdf>
- Micheli, J. (2021). *El sendero del cambio estructural en el Bajío: Terciarización económica y digitalización. Revista Investigación y Ciencia. 29(81). 82-93.* . Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/674/67466172010/67466172010.pdf>
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. (2003). Retrieved from https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/manual-dedisec3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf
- Molina, M. (2024). *Evaluación de las características del diseño geométrico y su relación con la accidentabilidad en los caminos vecinales.* Retrieved from <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/6734>
- Muñoz, J. (2024). *Modelo digital de terreno a partir de la edición de una nube de puntos generada por medio de un levantamiento aero fotogramétrico con RPAS.* Retrieved from <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/6194>
- Peña, C., & Arevalo, A. (2023). *Evaluación de la precisión de modelos digitales de terreno (MDT) en levantamientos fotogramétricos con vehículos aéreos no tripulados (UAV) y levantamientos con equipos convencionales.* Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10281559>
- Pérez, G. (2020). Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial. *Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial*, 5.
- Pita, E., Choez, M., Santos, V., & Chango, M. (2023). *Propuesta de diseño de ruta ciclística*

- para desarrollar actividades turísticas en una zona de Ecuador. Revista Científica Arbitrada De Investigación En Comunicación, Marketing Y Empresa.* 6(12), 160-175.
Retrieved from <https://reicomunicar.org/index.php/reicomunicar/article/view/140>
- Portilla, O. (2023). *Evaluación de los modelos digitales de terreno y geopotenciales en el Ecuador. Revista Scielo.* 2(38). 10-77. Retrieved from http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962023000200059
- Sarango, M., & Vázquez, J. (2024, enero). *Diseño geométrico y estructural de la vía Girón Curiquingue de la abscisa 6+420 hasta la abscisa 8+560 km, perteneciente al cantón Girón, provincia de Azuay.* Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27366>
- Vázquez, M. (2024). *La digitalización de las modificaciones estructurales. Revisra RUA.* 1(2). 190-220. Retrieved from <https://rua.ua.es/entities/publication/37b28e0b-39e6-4513-8e4d-ce30d83f6681>
- Vega, C., & Redrobán, V. (2024, Julio). *Diseño geométrico y estructural de la vía Cochapata – Morasloma de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+000 km, perteneciente al cantón Nabón, provincia del Azuay.* Retrieved from Repositorio UPS: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/29076>
- Zambrano, E., & Peralta, J. (2024, Julio). *Diseño geométrico y estructural de la vía Cochapata – Morasloma de la abscisa 0+000 hasta la abscisa 3+000 km, perteneciente al cantón Nabón, provincia del Azuay.* Retrieved from Repositorio UPS: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/29076>

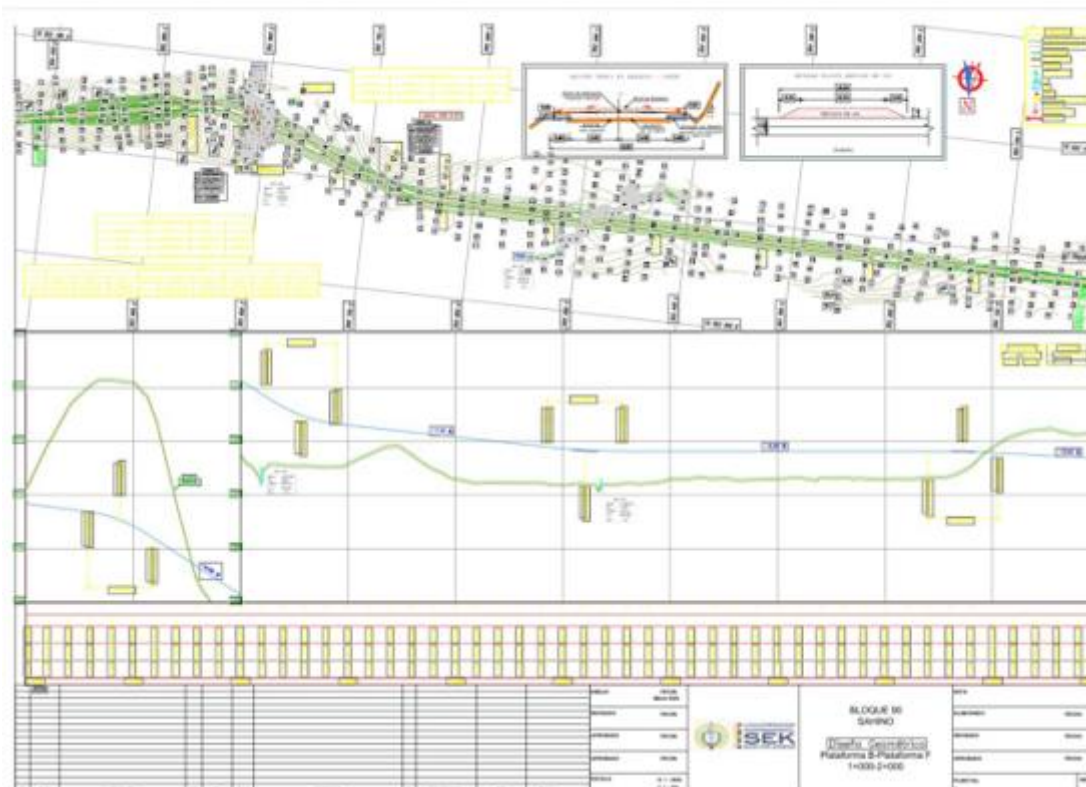
ANEXO

Anexo 1. Planos de diseño

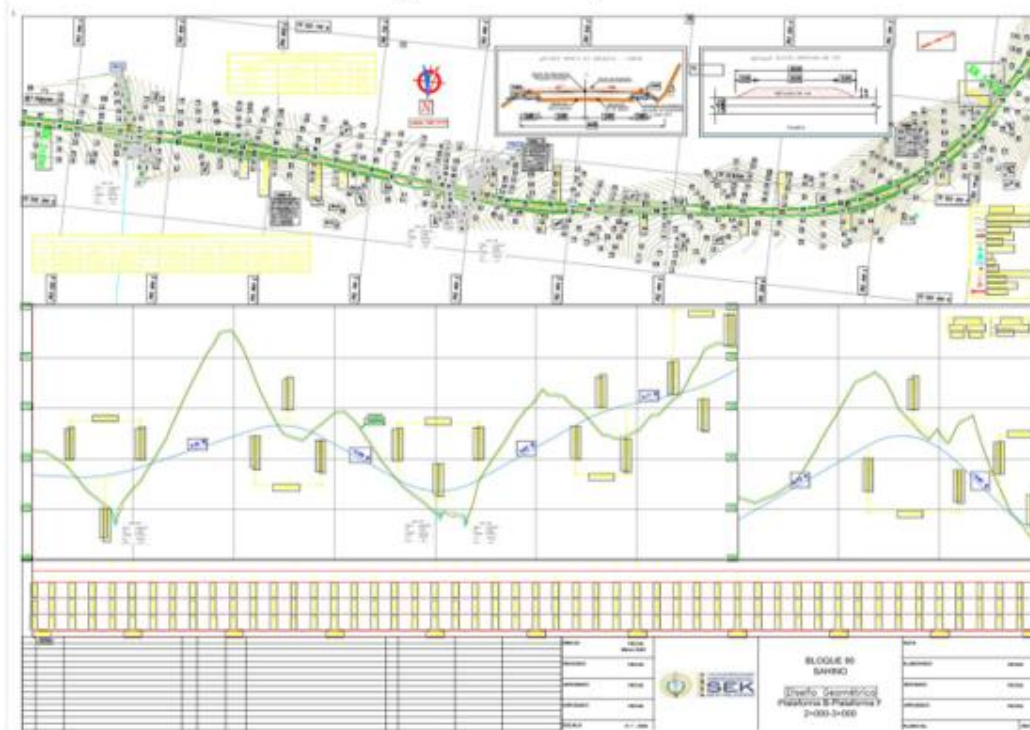
Diseño geométrico plataforma B – Plataforma F 0+000 - 1+000



Diseño geométrico plataforma B – Plataforma F 1+000 - 2+000



Diseño Geométrico | plataforma B -plataforma 2+000 – 3+000

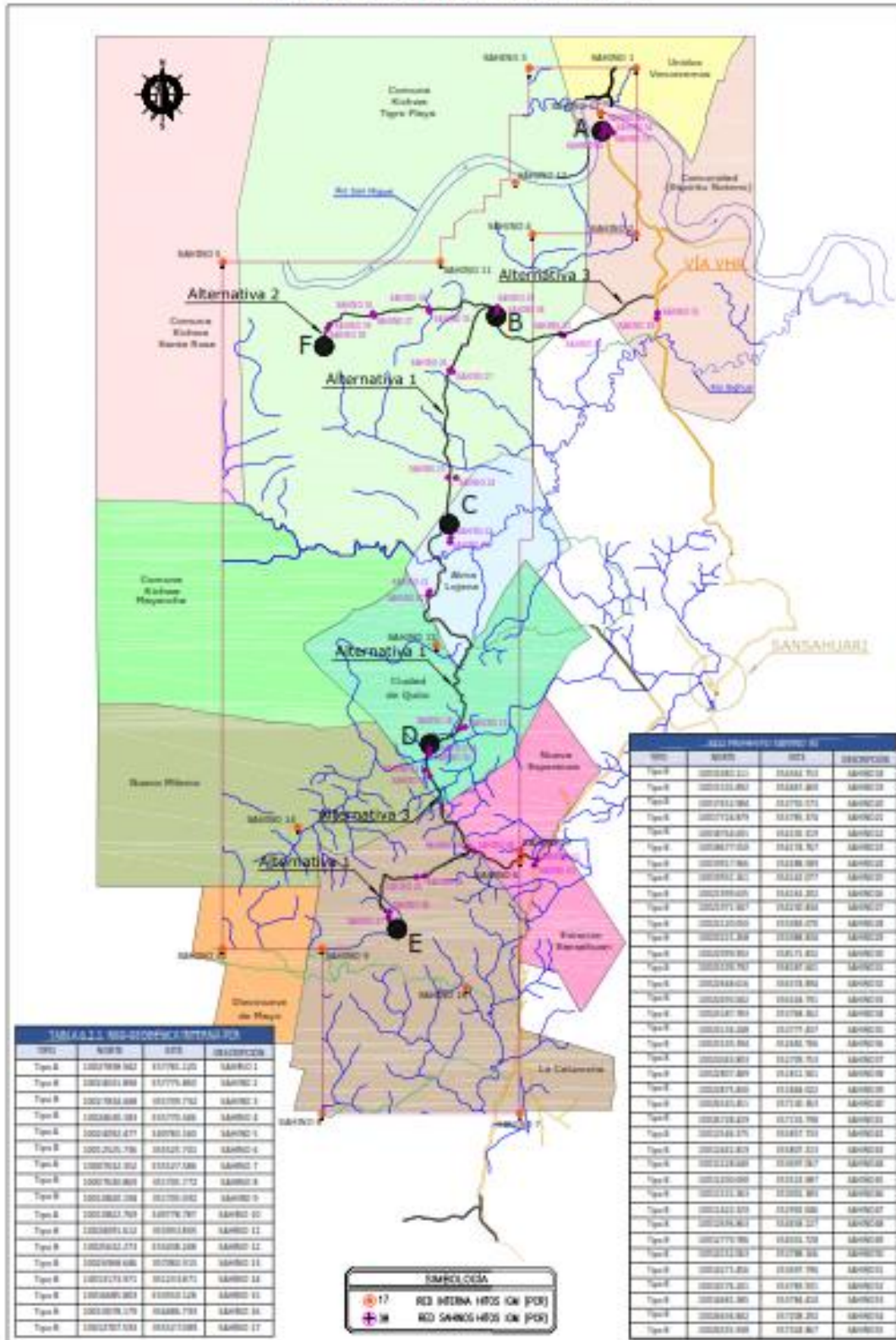


Diseño geométrico plataforma B – Plataforma F 3+000-3 + 424,382

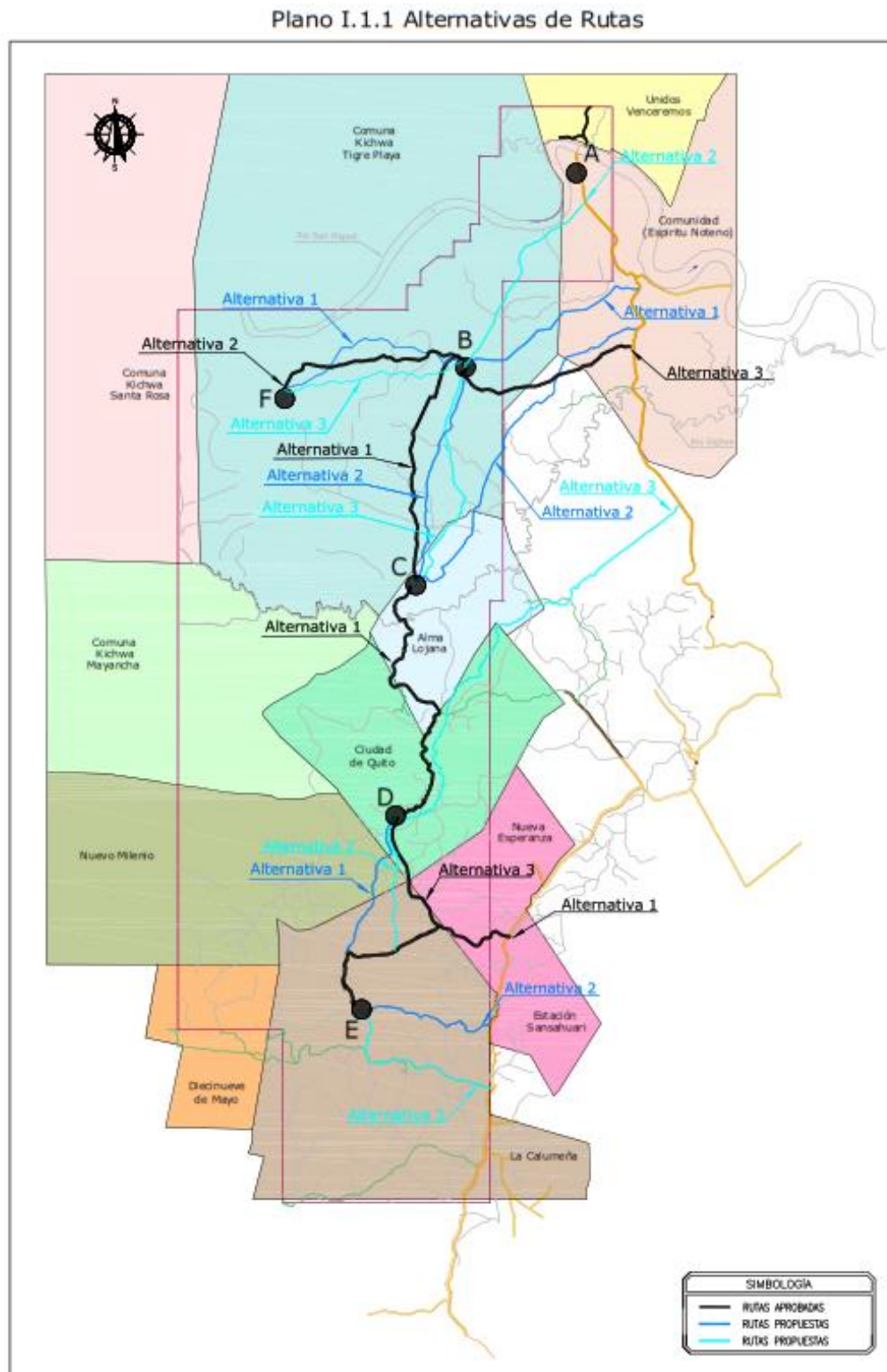


Anexo 2. Red geodésica ampliada

Plano G.2.3 Red Geodesica Ampliada



Anexo 3. Plano de las rutas alternas seleccionadas



Anexo 4. Conteo vehicular











