



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**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**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTORES: MARCO PATRICIO SARANGO SACA
 JOSÉ ANDRÉS VÁZQUEZ GALLEGOS
TUTOR: ING. IVÁN ALEJANDRO MEJÍA REGALADO, MSc

Cuenca - Ecuador
2024

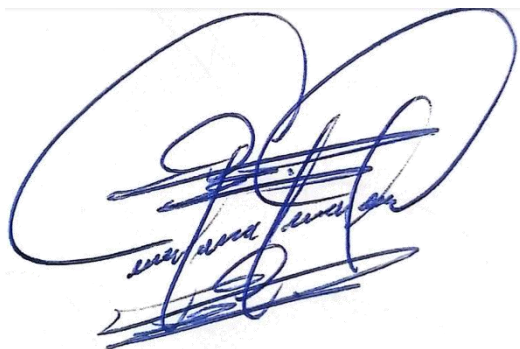
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Marco Patricio Sarango Saca con documento de identificación N° 1104089030 y José Andrés Vázquez Gallegos con documento de identificación N° 0105758296; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

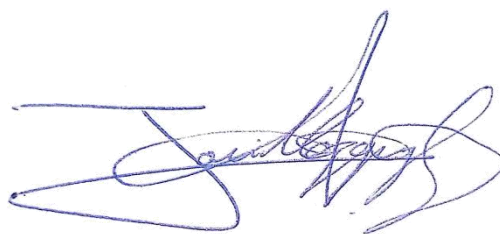
Cuenca, 29 de enero del 2024

Atentamente,



Marco Patricio Sarango Saca

1104089030



José Andrés Vázquez Gallegos

0105758296

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Marco Patricio Sarango Saca con documento de identificación N° 1104089030 y José Andrés Vázquez Gallegos con documento de identificación N° 0105758296, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico “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”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de enero del 2024

Atentamente,



Marco Patricio Sarango Saca

1104089030



José Andrés Vázquez Gallegos

0105758296

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN EL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Iván Alejandro Mejía Regalado con documento de identificación N°0101883841, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación técnico: 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, realizado por Marco Patricio Sarango Saca con documento de identificación N° 1104089030 y por José Andrés Vázquez Gallegos con documento de identificación N° 0105758296, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 29 de enero del 2024

Atentamente,



Ing. Iván Alejandro Mejía Regalado

0101883841

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Esta tesis está dedicada a mis padres cuya incansable dedicación y respaldo incondicional han sido la base de mi trayectoria académica. Su sacrificio y confianza han sido la fuerza impulsora detrás de cada paso que he dado. Agradezco sinceramente su apoyo constante, que ha sido fundamental para alcanzar este logro. De manera especial, dedico este logro a mi amada esposa Alesty a mi hija Rafaella y a nuestro pequeño que está en camino, quienes constituyen la fuente inagotable de mi motivación para superar desafíos y avanzar constantemente los amo.

Agradezco a Dios por permitirme culminar con éxito este proyecto, brindándome la fortaleza y la guía necesaria en este recorrido académico. A mis queridos padres, hermanos, abuelita, suegros y cuñadas les expreso mi sincero agradecimiento por el inmenso cariño, esfuerzo y comprensión que me han brindado. Han sido mi sostén y un constante ejemplo de superación a lo largo de mi vida.

De manera muy especial, quiero reconocer a mi tía Susi, quien ha estado presente y pendiente de cada paso en mi trayectoria personal desde que tengo uso de razón. Su apoyo incondicional ha sido un faro en mi camino, y su presencia ha sido invaluable a lo largo de mi vida.

Expreso mi sincero agradecimiento al director de mi tesis Ing. Iván Mejía, por su constante guía y apoyo. Agradezco a mis profesores por compartir sus conocimientos académicos. Quiero expresar mi gratitud hacia Marco mi compañero de tesis por su interés y dedicación para culminar con este proyecto.

José Andrés Vázquez Gallegos

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mis amados padres, personas extraordinarias que han sido mi apoyo y motivación constante a lo largo de este camino académico. A mi madre, en especial, toda mi gratitud por ser mi apoyo inquebrantable, mi guía y mi ejemplo a seguir. Este logro también lleva tu esencia, y cada página de esta tesis es un homenaje a tu dedicación y sacrificio.

A mi querida hija, gracias por ser mi fuente diaria de alegría y motivación y mi razón para alcanzar nuevos desafíos. A mis hermanos, por su apoyo incondicional y por ser mis aliados en cada paso de este camino académico. Su aliento y confianza han sido un impulso invaluable.

Quiero manifestar mi profundo agradecimiento a mi director de tesis por su orientación y apoyo continuo. Agradezco a mis profesores por compartir su sabiduría y fomentar mi interés académico. También a mis compañeros de clase, quienes con sus colaboraciones y compañerismo han convertido esta etapa en una experiencia realmente enriquecedora. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, quienes han sido mi mayor fuente de apoyo y motivación a lo largo de este camino. El esfuerzo y sacrificio que han dedicado han sido fundamentales para alcanzar este logro. Agradezco a mi pareja por su paciencia interminable y su apoyo emocional. Sus palabras alentadoras fueron un consuelo reconfortante en momentos de estrés.

A mi compañero de tesis José, por el intercambio constante de ideas y experiencias que enriquecieron mi aprendizaje.

Marco Patricio Sarango Saca

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
PALABRAS CLAVE	1
ABSTRACT	2
KEYWORDS	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 1. GENERALIDADES	3
TITULO	3
1.1. INTRODUCCION.....	3
1.2. ANTECEDENTES	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.4. OBJETIVOS.....	7
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.5. UBICACIÓN DEL PROYECTO	7
1.6. ESTADO DEL ARTE.....	8
1.7. ALCANCE Y METODOLOGÍA.....	10
CAPITULO 2. MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.1. ESTUDIOS.....	12
2.1.1 TOPOGRAFÍA:.....	12
2.1.2 LAS CARRETERAS.....	13

2.1.2.3. CONDICIONES OROGRÁFICAS.....	15
2.1.3 TRÁFICO.....	16
2.1.4. ESTUDIO DE SUELO.....	20
2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO	21
2.2.1 VELOCIDAD DE DISEÑO	21
2.2.2 VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN:	22
2.2.3 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL	23
2.2.4 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL.....	26
2.3 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	32
2.3.1 MÉTODO AASHTO	32
2.4 DISEÑO SE CUNETAS.....	37
2.4.1 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	37
2.4.2. INTENSIDAD DE LLUVIA	37
2.4.3 SECCIÓN DEL CANAL	39
2.5. SEÑALIZACION	39
2.5.1 SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	40
CAPITULO 3. METODOLOGIA.....	44
3.1. ESTUDIOS PREVIOS.....	44
3.1.1. UBICACIÓN	44
3.1.2. TRABAJO DE GABINETE.....	46

3.2. ESTUDIO DE TRAFICO	47
3.2.1. FACTOR DIARIO	47
3.2.2. FACTOR HORARIO	47
3.2.3. FACTOR SEMANAL	47
3.2.4. FACTOR MENSUAL	48
3.3. DETERMINACION DEL NUMERO DE EJES EQUIVALENTES	49
3.3.1. CLASIFICACIÓN DEL TRAFICO	49
3.3.2. FACTOR EQUIVALENTE DE CARGAS	50
3.4. ESTUDIOS DE SUELOS	50
3.5. DISEÑO GEOMETRICO	51
3.5.1. VELOCIDAD DE DISEÑO	51
3.5.2. ANCHO DE CALZADA	52
3.5.3. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN	52
3.5.4. DISEÑO HORIZONTAL	53
3.5.5. DISEÑO VERTICAL	55
3.5.6. SECCIÓN TRASVERSAL	55
3.5.7. CUNETAS	56
3.6. DISEÑO DE PAVIMENTOS	57
3.8. EVALUACION DEL ALCANTARILLADO	58
3.9 PRESUPUESTO	59

CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Área de estudio.</i>	8
Tabla 2. <i>Clasificación funcional de las vías en base TPDA.</i>	14
Tabla 3. <i>Denominación de carreteras por condiciones orográficas.</i>	15
Tabla 4. <i>Pesos y dimensiones de tipos de vehículos.</i>	17
Tabla 5. <i>Caracterización por tipos de vehículos.</i>	18
Tabla 6. <i>Velaciones entre velocidades de circulación y de diseño.</i>	22
Tabla 7 <i>Tasa de sobreelevación (%)</i>	23
Tabla 8. <i>Velocidad de diseño para curvas horizontales.</i>	25
Tabla 9. <i>Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.</i>	35
Tabla 10. <i>Valores de Desviación Estándar correspondientes a niveles de confiabilidad.</i> ..36	
Tabla 11. <i>Coficiente So del pavimento.</i>	36
Tabla 12. <i>Coficiente de escorrentía C.</i>	37
Tabla 13. <i>Factor semanal.</i>	47
Tabla 14. <i>Consumo de combustibles provincia del Azuay 2022.</i>	48
Tabla 15. <i>Tpda proyectado hasta el 2054.</i>	49
Tabla 16. <i>Clasificación del tráfico.</i>	49
Tabla 17. <i>Factores equivalentes de carga</i>	50
Tabla 18. <i>Cálculo del número de ejes equivalentes.</i>	50
Tabla 19. <i>Valores recomendados para el diseño de carreteras de 2 carriles.</i>	51
Tabla 20. <i>Ancho de calzada mínimo recomendado.</i>	52
Tabla 21. <i>Velocidad de circulación.</i>	52
Tabla 22. <i>Diseño de curvas verticales y convexas.</i>	55

Tabla 23. <i>Datos iniciales para el diseño de pavimento.</i>	57
Tabla 24. <i>Cantidades de Obra.</i>	59
Tabla 25. Presupuesto para la vía Girón Curiquingue	60
Tabla 26. <i>Calculo formula polinómica.</i>	61

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. <i>Ubicación del proyecto.</i>	8
Ilustración 2. <i>Componentes de la curva circular y espiral.</i>	26
Ilustración 3. <i>Tangente Vertical.</i>	27
Ilustración 4. <i>Curvas Verticales.</i>	28
Ilustración 5. <i>Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas.</i>	28
Ilustración 6. <i>Tipos de curvas verticales convexas.</i>	30
Ilustración 7. <i>Tipos de curvas verticales cóncavas.</i>	31
Ilustración 8. <i>Curvas verticales simétricas.</i>	31
Ilustración 9. <i>Abaco para determinar el coeficiente estructural de la base a2.</i>	34
Ilustración 10. <i>Abaco para determinar el coeficiente estructural de la subbase a3.</i>	34
Ilustración 11. <i>Intensidad duración frecuencia estación M0032 Santa Isabel.</i>	38
Ilustración 12. <i>Capacidad hidráulica de cunetas triangulares.</i>	39
Ilustración 13. <i>Fundición y excavación de hitos (puntos de control).</i>	44
Ilustración 14. <i>Levantamiento topográfico mediante la herramienta RTK.</i>	45
Ilustración 15. <i>Levantamiento topográfico mediante la estación total.</i>	46
Ilustración 16. <i>Coeficiente de fricción lateral para proyectos a diferentes velocidades.</i> ..	53
Ilustración 18. <i>Sección Transversal.</i>	55
Ilustración 19. <i>Dimensiones de cuneta.</i>	56

RESUMEN

El presente trabajo aborda la problemática que tiene la vía Girón - Curiquingue, caracterizada por un estado deplorable con presencia de baches, lodo y polvo, en diferentes épocas del año, lo que limita a sus habitantes al acceso de servicios básicos de forma rápida y segura, teniendo un impacto directo en la calidad de vida de los residentes del sector, por lo tanto el proyecto se centra en realizar los estudios de la infraestructura vial con el fin de una mejora integral de la misma en un futuro. Este proyecto incluirá un levantamiento de la franja topográfica, así como el diseño geométrico y estructural de la vía, amas de eso un análisis del diseño de pavimentos que garantice durabilidad y resistencia.

Otro de los aspectos fundamentales que se abordara es el estudio del tráfico lo que permitirá dimensionar de forma adecuada la capacidad de la vía. En fin, la meta es proponer soluciones que mejoren no solo la infraestructura vial sino también la calidad de vida de sus habitantes.

PALABRAS CLAVE: Diseño geométrico, Diseño de Pavimento, Levantamiento Topográfico, Estudio del tráfico.

ABSTRACT

The present work addresses the problem that the Girón - Curiquingue road has, characterized by a deplorable state with the presence of potholes, mud and dust, at different times of the year, which limits its inhabitants to access basic services quickly and safely, having a direct impact on the life quality of the residents of the sector. Therefore, the project focuses on carrying out studies of the road infrastructure in order to comprehensively improve it in the future. This project includes a survey of the topographic strip, as well as the geometric and structural design of the road, in addition to an analysis of the pavement design that guarantees durability and resistance.

Another of the fundamental aspects that will be addressed is the study of traffic, which will allow the capacity of the road to be appropriately dimensioned. In short, the goal is to propose solutions that improve not only the road infrastructure but also the life quality of its inhabitants.

KEYWORDS: Geometric design, Pavement Design, Topographic Survey, Traffic study

CAPITULO 1. GENERALIDADES

TITULO

Diseño geométrico y estructural de la vía girón curiquirense de la abscisa 6+420 hasta la abscisa 8+560 km, perteneciente al cantón Girón, provincia de Azuay.

1.1.INTRODUCCION

El diseño geométrico de una carretera es esencial para satisfacer las necesidades de sus usuarios, garantizando funcionalidad y seguridad. De igual manera aumenta el desarrollo sostenible ayudando a los sectores económicos comprendidos en el tramo. Esta funcionalidad se logra al considerar cuidadosamente las características geométricas y los volúmenes de tránsito, creando un sistema de transporte eficiente. La interconexión de elementos geométricos con parámetros de diseño, como la velocidad, se ajusta a normas específicas, reduciendo así posibles situaciones adversas para los conductores.

En el contexto de un proyecto integral de carreteras, el diseño geométrico emerge como la pieza fundamental. Su configuración tridimensional busca no solo la funcionalidad, seguridad y eficiencia, sino también la comodidad, estética, viabilidad económica y sostenibilidad ambiental.

La vía Girón Curiquingue, crucial para el cantón Girón en la provincia de Azuay, enfrenta desafíos derivados de su historia marcada por deslizamientos y cambios naturales. Este proyecto se enfoca en el diseño geométrico y estructural del tramo entre las abscisas 6+420 y 8+560 kilómetros, con el propósito central de mejorar la infraestructura vial y potenciar el desarrollo económico y la calidad de vida de la comunidad.

Este proyecto propone un diseño integral que abarca desde el levantamiento topográfico hasta la evaluación del sistema de drenaje. La utilización de herramientas especializadas como

AutoCAD Civil 3D y Excel garantiza un diseño robusto que cumple con las normativas técnicas, incluyendo la AASHTO.

Se centra en mejorar la infraestructura vial de Girón Curiquingue, atendiendo a aspectos clave como cambios geográficos, crecimiento demográfico, sectores económicos esenciales y acceso a servicios básicos. La ejecución exitosa de este proyecto no solo contribuirá a una vía eficiente, sino que también respaldará el desarrollo sostenible del cantón.

1.2. ANTECEDENTES

La demarcación territorial de Girón incluye tres parroquias: Girón, San Gerardo y Asunción, con una población total de 12,182 habitantes según el último censo registrado en 2022. La importancia de la planificación, diseño y construcción de tramos viales se vuelve evidente en el contexto de desarrollo económico y social, especialmente en comunidades en proceso de desarrollo. En el caso particular de Girón, su destacado potencial en el sector agropecuario, con la agricultura y la ganadería como pilares fundamentales, subraya la necesidad crítica de mejorar la infraestructura vial.

La vía Girón-La Ramada-Nabón como se la conocía antes, fue a mediados de 2009, que se produjo un macro deslizamiento que taponó dos quebradas, una de ellas llamada Curiquingue, lo que dio origen a la laguna del mismo nombre, ahora vista como un potencial turístico por lo que en el 2020 se realizó un convenio con la Prefectura del Azuay. Con el fin de realizar limpieza, conformación de cunetas, ensanchamiento de vía y desalojo de material. Obteniendo como resultado final una vía de acceso de lastre.

A pesar del considerable potencial económico, la infraestructura vial actual en Girón exhibe deficiencias significativas, creando obstáculos para la plena explotación de estos sectores clave. Las carreteras y caminos en el cantón presentan condiciones precarias y, en muchos casos,

carecen de pavimentación. Esta situación ha generado una serie de desafíos, desde complicaciones en el transporte de cosechas y ganado hasta un aumento en los costos operativos para los agricultores y ganaderos locales.

En este contexto, la ejecución de un proyecto destinado a mejorar la infraestructura vial en Girón se presenta como una necesidad urgente para potenciar el desarrollo económico sostenible y mejorar la calidad de vida de la comunidad local.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La vía Girón – Curiquingue se constituye en el principal medio de acceso para varias comunidades como, Cabuncata, Santa Teresa, Shatashi, de aquí la necesidad de realizar un estudio y diseño integral para la mejora de esta vía, que impacta directamente en la calidad de vida de sus habitantes y en el desarrollo tanto económico como social. Los principales aspectos que respaldan esta iniciativa de estudio son:

Crecimiento Demográfico: Según el último censo la población del Cantón GIRÓN es de 12583 habitantes, el 72% de su población reside en el sector rural. Debido al aumento en el número de habitantes además de que la mayor parte de sus habitantes son del sector rural implica una demanda de infraestructura vial adecuada que garantice la movilidad eficiente de sus habitantes.

Sector Agrícola y Pecuario: El 48% de la población económicamente activa en Girón se involucra en actividades agrícolas, ganaderas, silvícolas y pesqueras, seguida de la construcción con el 10,8%, el comercio al por mayor y menor (9,4%), la industria manufacturera (5,9%) entre otras actividades, según datos del INEC.

Dada la relevancia del sector agrícola y pecuario en la economía local es indispensable contar con un estudio y diseño de la vía que contemple especificaciones técnicas que garantice el

transporte eficiente de productos agrícolas y ganaderos, conectando de manera más eficiente a los productores con los mercados locales y regionales.

Acceso a Servicios Básicos: La dificultad para acceder a servicios esenciales como salud, educación y trabajo debido a las condiciones de la vía es un aspecto crítico. Un estudio y diseño eficiente que priorice la conectividad con centros de salud, instituciones educativas y áreas laborales, es muy importante y fundamental para el bienestar de la comunidad.

Condiciones Actuales de la Vía: La vía Girón – Curiquingue presenta condiciones deficientes, con presencia de baches y problemas de polvo y lodo durante las épocas de invierno y verano. Esto no solo afecta la comodidad de los usuarios, sino que también incrementa los costos operativos y de mantenimiento para los vehículos. Un estudio detallado de las condiciones del terreno, incluyendo análisis geotécnicos y topográficos, proporcionará la base para un diseño de pavimento que garantice durabilidad y resistencia a las condiciones climáticas adversas.

Turismo: Girón cuenta con atractivos turísticos naturales y culturales que podrían potenciarse con una infraestructura vial en óptimas condiciones. La laguna Curiquingue, aún poco explotada, representa una oportunidad significativa para el desarrollo turístico, fomentando su explotación sostenible.

Seguridad Vial: Las condiciones actuales de la vía también presentan riesgos para la seguridad vial. La presencia de baches y la falta de señalización adecuada pueden dar lugar a accidentes de tránsito. Mejorar la infraestructura vial no solo facilitará el transporte, sino que también reducirá los riesgos asociados con la movilidad en condiciones precarias.

Ante la difícil situación de estos problemas y su impacto directo en la calidad de vida de sus habitantes y el desarrollo económico del cantón, es importante abordar el estudio de la Vía Girón – Curiquingue. El presente trabajo busca identificar soluciones técnicas para mejorar la

infraestructura vial y proponer un diseño que garantice la durabilidad y seguridad de la vía mejorando la movilidad de la población local a su vez potenciar las actividades económicas y turísticas del sector, contribuyendo así al desarrollo sostenible y al bienestar de las comunidades afectadas.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Elaborar el diseño geométrico y de pavimentos para el tramo comprendido entre las abscisas 6+420 y 8+560 kilómetros de la vía Girón Curiquingue.

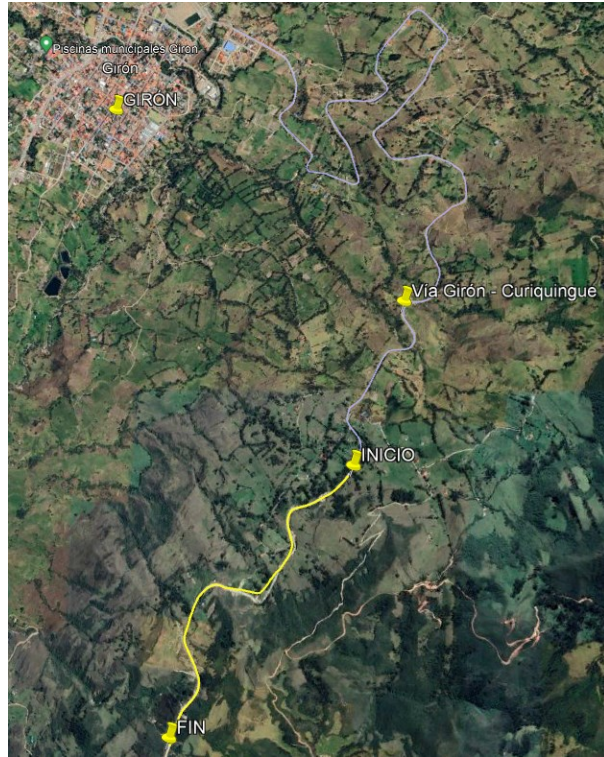
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento topográfico para obtener un conocimiento del trazado actual y la configuración topográfica del terreno con el propósito de respaldar el diseño y la planificación vial.
- Realizar el conteo vehicular con el fin de adquirir información sobre el volumen y composición del tráfico.
- Realizar el diseño geométrico y estructural que cumpla con todas las especificaciones técnicas y normas vigentes.
- Evaluar las condiciones actuales del sistema de drenaje de la vía.

1.5. UBICACIÓN DEL PROYECTO

La vía está ubicada en el cantón Girón, misma que conecta Girón y la laguna Curiquingue teniendo en cuenta un área de estudio considerable como podemos observar en la tabla 1. Cuenta con una longitud de 22 km. La vía actualmente ya está trazada la cual no posee ningún tipo de pavimento y con una capa de rodadura de lastre como se puede apreciar en la ilustración 1.

Ilustración 1.
Ubicación del proyecto.



Fuente: Fuente Google Earth.

Ubicación del proyecto

Tabla 1
Área de estudio.

	Zona	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Elevación (m.s.n.m)
Inicio	17 S	707230.62	9648471.74	2465.29
Fin	17 S	706250.63	9647012.07	2588.89

Fuente: Fuente propia.

1.6.ESTADO DEL ARTE

Este documento incluye la recopilación de diversas normativas y métodos utilizados en la construcción de carreteras en nuestro país. Es esencial considerar los enfoques de varios autores, ya que cada uno aporta criterios únicos que contribuyen a la elaboración de este trabajo.

Considerando lo mencionado anteriormente, existe la normativa ecuatoriana del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE, 2003), la cual establece los principios para el diseño geométrico de vías e infraestructuras viales. La mayoría de estos principios están fundamentados en la normativa AASTHO 93, la cual sirve como referencia en la mayoría de los países latinoamericanos para la creación de sus propias normativas.

La redacción de estas normas como la (MTOPE, 2003) y la (NEVI-12, 2013), surge de la necesidad de asegurar la organización de este tipo de construcciones. Estos abarcan fases que van desde la planificación y diseño hasta la construcción, operación y mantenimiento, asegurando el cumplimiento de criterios de seguridad mínimos. De acuerdo con Caro y Caicedo (2017), la implementación de tecnologías tanto actuales como tradicionales para la mejora y construcción de vías debe adaptarse a las condiciones específicas de cada proyecto. Esto implica la necesidad de realizar una caracterización minuciosa de los suelos presentes en la zona donde se planea realizar el proyecto, así como de las condiciones climáticas de la región.

De igual manera se comparte el criterio de (Wazhima, 2022). Para la construcción de vías de tercer a cuarto orden en parroquias rurales de cada cantón y con relación a datos estadísticos del INEC la mayor parte de la población económicamente activa se dedicada a la ganadería y agricultura por lo que es indispensable contar con vías aptas para el transporte de las personas y comercio que se dedican.

En el ámbito del estudio de la topografía, el desarrollo tecnológico, especialmente la implementación del sistema NTRIP en nuestro país, ha revolucionado los levantamientos topográficos, permitiendo correcciones en tiempo real con precisiones de centímetros, mejorando la calidad y eficiencia de la información geoespacial en proyectos viales.

1.7.ALCANCE Y METODOLOGÍA

Para empezar con el estudio es esencial conocer el PTO (Plan de Ordenamiento Territorial) del cantón Girón complementando todo el trabajo se realizará la revisión de la literatura a partir de las normativas utilizadas en el Ecuador que es la NEVI 12, AASHTON y completar todo el trabajo con el levantamiento topográfico para el diseño geométrico, el conteo vehicular para realizar el TPDA y finalmente con el TPDA realizar el diseño de pavimentos.

A lo largo de este proyecto encontraremos variables independientes como son la ubicación de los Hitos, características topográficas y datos de tráfico todos estos factores dependerán para el diseño geométrico y estructural de la vía.

La hipótesis propuesta será el diseño vial propuesto para mejorar la seguridad y eficiencia vial. El software para el análisis de datos que utilizaremos será Excel con una tabla de cálculo para el TPDA y para el diseño geométrico se utilizará AutoCAD Civil 3d.

Para llevar a cabo la recopilación de datos necesaria para este estudio de diseño geométrico y pavimentos de la vía en la comunidad de Santa Rosa, parroquia Girón, se utilizarán varios métodos y herramientas. El levantamiento topográfico se realizará mediante el uso de estaciones totales, GPS y tecnología de posicionamiento RTK y estación total para obtener datos precisos sobre la topografía y el trazado existente de la vía. Además, se llevará a cabo un conteo vehicular en puntos estratégicos, utilizando equipos especializados de conteo de tráfico, lo que permitirá recopilar información detallada sobre el volumen y los patrones de tráfico en la zona. Complementando estas técnicas, se realizará una observación en campo para capturar datos cualitativos relevantes. Estos métodos y herramientas se combinarán para garantizar la obtención de información precisa y completa que servirá como base sólida para el diseño y las modificaciones viales propuestas.

Para el análisis y diseño geométrico de la vía en la comunidad de Santa Rosa, parroquia Girón, se aplicarán ecuaciones, modelos matemáticos y métodos estadísticos en estricta conformidad con las normativas y estándares establecidos por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), MTOP y la Norma Ecuatoriana de Vialidad (NEVI). Estas fórmulas empíricas y de modelamiento matemático permitirán calcular con precisión aspectos cruciales como radios mínimos de curvatura, peraltes, pendientes y otros parámetros geométricos esenciales para garantizar la seguridad y eficiencia de la vía. Asimismo, se emplearán métodos estadísticos para el análisis del tráfico cálculo del TPDA, lo que contribuirá a evaluar la capacidad de la carretera y determinar si se requieren mejoras en función de la demanda de tráfico proyectada y los criterios de diseño estipulados por las mencionadas normativas. Este enfoque riguroso asegura que el diseño cumpla con los estándares de calidad y seguridad vial establecido por la normativa actual en el Ecuador.

CAPITULO 2. MARCO CONCEPTUAL

La construcción de carreteras ha sido un signo de civilización avanzada desde la antigüedad. Mesopotamia y China fueron pioneros en la construcción de carreteras hace miles de años. Los incas en Sudamérica construyeron una extensa red de caminos. Los romanos desarrollaron un extenso sistema de carreteras en su apogeo, cubriendo 80.000 km en todo su imperio. Durante la Edad Media, las carreteras se descuidaron, pero en el siglo XVII, Francia revitalizó su construcción. En el siglo XIX, ingenieros británicos y franceses perfeccionaron las técnicas de construcción. El auge del ciclismo y la introducción de automóviles en el siglo XX aumentaron la necesidad de mejores carreteras.(Jalca et al., 2017, p. 11)

La construcción de carreteras implica una base sólida y pavimento adecuado. Las carreteras modernas deben seguir principios de ingeniería para ser resistentes y seguras. La construcción de carreteras ha evolucionado a lo largo de la historia para adaptarse a las necesidades de la sociedad y el transporte.(Jalca et al., 2017, p. 11)

2.1. ESTUDIOS

Para elaborar el diseño geométrico y estructural hay que realizar estudios previos para obtener la información necesaria, para planificar y gestionar de manera óptima los recursos. Ya que, al comprender sobre las condiciones del terreno, el tráfico, la geotecnia y otros aspectos relevantes que se toman en consideración se podrá optimizar costos, disminuir riesgos, sostenibilidad y una eficiencia operativa para el proyecto.

2.1.1 TOPOGRAFÍA:

La topografía desempeña un papel fundamental en el diseño vial al proporcionar información precisa y detallada del terreno actual en donde se va a ubicar el proyecto, la cual permite que lo planificado se construyan teniendo en cuenta las características específicas del terreno.

2.1.1.1 CURVAS DE NIVEL

Según Wolf & Ghilani, (2015) Las curvas de nivel son líneas que conectan puntos que tienen la misma altura. Generalmente estas líneas no son visibles en la naturaleza. En los mapas, estas líneas representan dónde estarían las superficies a diferentes alturas. Se dibujan usando mediciones de posiciones y alturas para unir los puntos en el mapa.

2.1.2 LAS CARRETERAS

Es vital para las personas contar con vías de acceso en buenas condiciones de tal forma que brinden confort, seguridad y tranquilidad en cada uno de sus recorridos, para ello es importante tener presente cada uno de los factores que forman parte de un diseño vial.

La construcción de carreteras implica una base sólida y pavimento adecuado. Las carreteras modernas deben seguir principios de ingeniería para ser resistentes y seguras. La construcción de carreteras ha evolucionado a lo largo de la historia para adaptarse a las necesidades de la sociedad y el transporte. (Jalca et al., 2017, p. 11)

Según la Nevi 12 la clasificación de vías en el territorio ecuatoriano se basa en:

2.1.2.1. CAPACIDAD (FUNCIÓN DEL TPDA)

Esta clasificación se da con el fin de mejorar la eficiencia y la seguridad vial. Con datos recopilados por la MTOP desde el 2012, estadísticas de accidentes y el parque automotor del país.

De esta manera la Nevi 12 normaliza una proyección futura para la construcción de una vía y realiza la clasificación según la tabla 1. Para determinar el tipo de vía que se debe de construir.

- TPDA = Trafico promedio diario anual.
- TPDA_d = Trafico promedio diario anual correspondiente al año horizonte.
- TPDA_d = Año de inicio de estudios + Años de licitación, construcción + Años de operación.
- C1 = Equivale a carretera de mediana capacidad.

- C2 = Equivale a carretera convencional básica y camino básico.
- C3 = Camino agrícola / forestal.
- N = Años comprendidos entre la inauguración del proyecto hasta el término de su vida útil, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones.
- N = 20 Proyecto de mejoras.
- N = 30 Proyectos especiales de nuevas vías.
- N = 50 Mega proyectos nacionales.

Tabla 2.
Clasificación funcional de las vías en base TPDA.

Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA_d			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA _d) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: (NEVI-12, 2013)

2.1.2.2. JERARQUÍA EN LA RED VIAL.

Esta clasificación se enfoca en el desempeño haciendo énfasis en el tipo de proyecto, velocidad y pendiente máxima según lo establecido en el plan estratégico de movilidad PEM. (NEVI-12, 2013)

A continuación, se nombran las más relevantes que son para el caso de estudio.

2.1.2.2.1. CAMINO AGRÍCOLA FORESTAL

Ancho total de calzada 6m, con un solo carril y 1m de vereda a cada lado.

Velocidad de proyecto: 40 km/h.

Pendiente máxima 16%.

2.1.2.2.2. CAMINO BÁSICO

Ancho total de calzada 9m, con dos carriles de 3m y 1,5m de vereda a cada lado.

Velocidad de proyecto: 60 km/h.

Pendiente máxima 14%.

2.1.2.2.3. CARRETERA CONVENCIONAL BÁSICA

Ancho total de calzada 12m, con dos carriles de 3.5m y 1,5m de vereda a cada lado.

Velocidad de proyecto: 60 km/h.

Pendiente máxima 14%.

2.1.2.3. CONDICIONES OROGRÁFICAS

Tabla 3.

Denominación de carreteras por condiciones orográficas.

TIPO DE RELIEVE	MÁXIMA INCLINACIÓN MEDIA
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

Fuente: (NEVI-12, 2013)

Según la tabla 3. Las condiciones orográficas se definen por la inclinación del terreno, podemos definir por el tipo de relieve: Llano, ondulado, accidentado y muy accidentado.

2.1.2.4. NUMERO DE CALZADAS

Este tipo de calzadas son las que tienen señalización para cada sentido con una separación física normalmente sobre el pavimento o bordillo montable con una dimensión de altura inferior a 15cm entre ambas, además se puede tener más de una para cada sentido.

2.1.2.5. SUPERFICIE DE RODAMIENTO.

Esta clasificación refiere a la carretera que entra en contacto directo con los neumáticos del vehículo, por lo que su diseño y mantenimiento impactaran directamente con el agarre, resistencia y durabilidad de esta superficie. Según la NEVI 12 se clasifica en: Pavimentos flexibles, pavimentos rígidos, afirmados y superficie natural.

(Cárdenas, 2013, p. 3) Define la siguiente clasificación de las vías

2.1.2.6. SEGÚN SU FUNCIÓN:

- Carreteras primarias o de primer orden.
- Carreteras secundarias o de segundo orden.
- Carreteras terciarias o de tercer orden.

2.1.2.7. SEGÚN EL TIPO DE TERRENO:

- Carreteras en terreno plano.
- Carreteras en terreno ondulado.
- Carreteras en terreno montañoso.
- Carreteras en terreno escarpado.

2.1.2.8. SEGÚN SU COMPETENCIA:

- Carreteras nacionales
- Carreteras departamentales
- Carreteras veredales o caminos vecinales
- Carreteras distritales y municipales

2.1.2.9. SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS:

- Autopistas
- Carreteras multicarriles
- Carreteras de dos carriles

2.1.3 TRÁFICO

En el diseño de carreteras, es esencial considerar los datos de tráfico ya que este nos ayuda a determinar la capacidad máxima de la vía. El tráfico influye en el diseño geométrico, y la información necesaria incluye el tráfico actual y proyecciones futuras.(MTOPI, 2003). Este estudio implica comprender factores como, el volumen de vehículos, la composición del tráfico, la

velocidad y patrones de flujo, ya que estos datos influyen en la seguridad vial, eficiencia del tráfico y la comodidad de los usuarios, por lo que es necesario determinar los pesos y dimensiones de los vehículos como podemos observar en la tabla 4.

Tabla 4.
Pesos y dimensiones de tipos de vehículos.

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-O			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10
VZS			27	12,20	2,60	4,10
T2			18	8,50	2,60	4,10
T3			27	8,50	2,60	4,10
S3			24	13,00	3,00	4,30
S2			20	13,00	3,00	4,30
S1			11	13,00	3,00	4,30
R2			22	10,00	3,00	4,30
R3			31	10,00	3,00	4,30
B1			11	10,00	3,00	4,30
B2			20	10,00	3,00	4,30
B3			24	10,00	3,00	4,30

Fuente: (NEVI-12, 2013)

La composición del tránsito vehicular depende netamente de la operación de los vehículos y el tipo de vehículo que se utiliza, por lo que podremos encontrar diferentes tamaños y pesos.

Según la NEVI 12 las dos clases más generales de vehículos automotores son: vehículos livianos esta clase engloba todo lo que son motocicletas y los automóviles como camionetas y pickups, con capacidad de hasta ocho pasajeros y con llantas sencillas en el eje trasero y vehículos pesados En esta clase incluye camiones, buses y combinación de camiones (semirremolque y remolques) de más de cuatro toneladas de peso y doble llanta trasera.

La relación para realizar el diseño geométrico se da con el tráfico vehicular por la zona y la cantidad de vehículos pesados que va a recorrer un tramo específico, por lo que es necesario saber las especificaciones físicas de los vehículos que circulan lo que es: peso, dimensiones y características de operación. Por lo que se realiza un análisis de tráfico vehicular llamado TPDA y con esas especificaciones técnicas realizar los cálculos de radios de giro, diseño de pavimentos y el diseño geométrico como tal.

Tabla 5.
Caracterización por tipos de vehículos.

Vehículo de diseño	A	B	C	R
Altura máxima (m)	2,40	4,10	4,10	4,30
Longitud máxima (m)	5,80	13,00	20,00	>20,50*
Anchura máxima (m)	2,10	2,60	2,60	3,00
Radios mínimos de giro (m)				
Rueda interna	4,70	8,70	10,00	12,00
Rueda externa	7,50	12,80	16,00	20,00
Esquina externa delantera	7,90	13,40	16,00	20,00

Fuente: (NEVI-12, 2013)

Según la tabla 5. establecida por la Norma Ecuatoriana de viabilidad, los tipos de vehículos se clasifican por:

- Vehículo liviano (A1) Motocicletas y (A2) vehículos automóviles.
- Buses y busetas que sirven para transportar pasajeros de forma masiva.
- Para transporte de cargas que dependiendo del número de ejes cambiara (C - #EJES -1).
- (R) Remolques con uno o dos ejes verticales de giro y una unidad completamente remolcada, tipo tráiler o tipo Dolly.

2.1.3.1 TRÁNSITO ACTUAL:

El tráfico vehicular actual se refiere al flujo de vehículos que circulan en una red vial específica en un período de tiempo determinado. Este puede variar dependiendo de diversos

factores, como la hora del día, días festivos, condiciones climáticas, eventos especiales o cambios en la infraestructura vial.

2.1.3.2 TRÁNSITO FUTURO:

Este término hace referencia a la proyección y análisis de cómo evolucionará la circulación de vehículos en un área determinada en el futuro, se desearía que una carretera pueda manejar todo el tráfico previsto durante su vida útil, pero esto es costoso y difícil de predecir con precisión. Por lo tanto, se diseña para un periodo estimado de 15 a 25 años, generalmente 20 años.(Agudelo Ospina, 2002)

2.1.3.3 VARIACIONES DE TRÁFICO

Las variaciones de tráfico son factores que conectan las observaciones actuales con datos estadísticos pasados para entender el flujo vehicular. Se basan en patrones de movimiento de la población, que tienden a ser estables a menos que haya cambios significativos en la sociedad. Esto permite calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) mediante muestreos, ya que estas variaciones tienden a mantenerse constantes en periodos de tiempo considerables.(MTO, 2003, p. 13)

Existen cuatro factores de variación que deben considerarse al obtener el TPDA a partir de una muestra.

- **Factor Horario (FH):** “Nos permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a volumen diario promedio”(MTO, 2003, p. 14)
- **Factor Diario (FD):** “Transforma el volumen de tráfico diario promedio en volumen semanal promedio”(MTO, 2003, p. 15)
- **Factor Semanal (FS):** “Transforma el volumen semanal promedio de tráfico en volumen mensual promedio”(MTO, 2003, p. 16)

- **Factor Mensual (FM):** “Transforma el volumen mensual promedio de tráfico en tráfico promedio diario anual” (TPDA).(MTOP, 2003, p. 16)

$$TPDA = T_0 * FH * FD * FS * FM$$

Donde: $T_0 = \text{Tráfico observado}$

2.1.3.4 TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

El tráfico en carreteras se mide a través del Volumen de Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA). Para calcularlo, en vías de un solo sentido se considera el tráfico en esa dirección, mientras que en vías de dos sentidos se toma en cuenta el volumen en ambos sentidos. En autopistas, se calcula el TPDA por cada dirección debido al flujo direccional, que determina diferentes composiciones y volúmenes de tráfico.(MTOP, 2003)

Es importante tener datos precisos de estaciones de conteo para variaciones diarias y estacionales. Cuando no se tiene estos datos, se pueden hacer estimaciones semanales con muestreos de 24 horas durante al menos 4 días, incluyendo fin de semana.(MTOP, 2003)

2.1.3.5 TRÁFICO PROYECTADO:

Se refiere a la estimación o predicción de la cantidad de vehículos que se espera que circulen en una determinada área o ruta en el futuro. Podemos calcular mediante la siguiente formula:

$$TPDA_{proyectado} = TPDA * (1 + r)^t$$

2.1.4. ESTUDIO DE SUELO

Para determinar el tipo de suelo es necesario realizar ensayos de laboratorio que nos entregaran variables claves para obtener una respuesta, siguiendo la clasificación AASHTO necesitamos realizar el ensayo de granulométrica, limite líquido y plástico. Con estas variables podremos determinar el tipo de suelo según (Braja,2013). De igual manera para podremos utilizar el método (SUCS) Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Este método utiliza más

variables para realizar la clasificación basándose en los porcentajes de árido que pasan por los tamices.

2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico de una vía se refiere a cómo se planea y se dibuja la forma de la carretera, considerando su trazado en planta (la forma desde arriba), en perfil (su elevación a lo largo de la ruta) y su sección transversal (cómo se ve de lado). Involucra decidir la curvatura, pendientes, anchos y otros detalles para hacer que la carretera sea segura, eficiente y cómoda para los conductores.

2.2.1 VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad máxima segura en una carretera bajo condiciones climáticas y de tráfico óptimos es aquella que se elige considerando factores como las características físicas del terreno, la importancia de la carretera, el volumen de tráfico y el uso de la tierra. El objetivo es establecer la velocidad máxima que garantice la seguridad, eficiencia y movilidad de los vehículos. Esta velocidad se utiliza como base para calcular los aspectos geométricos de la carretera, tanto en su alineamiento horizontal como vertical. (MOP, 2003, p. 26)

La NEVI 12 establece parámetros clave para la determinación de la velocidad en una vía. Dichos parámetros incluyen las características de la carretera y su entorno circundante, las condiciones meteorológicas, la presencia de otros vehículos en la vía, así como las restricciones legales y de control. La consideración integral de estos factores es esencial para la aplicación de límites de velocidad adecuados, garantizando la seguridad vial y el cumplimiento normativo, proporcionando una base técnica para la evaluación y ajuste de las velocidades en función de condiciones variables.

2.2.2 VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN:

También conocida como velocidad de operación vehicular, es la velocidad a la que un vehículo viaja en un tramo particular de carretera. Se calcula dividiendo la distancia que el vehículo ha recorrido por el tiempo que ha tomado hacerlo. (Buri Guambi, 2016)

La AASHTO (American Association of Higways Officials). establece formas de calcular la velocidad de circulación, dependiendo del tráfico en el proyecto:

Para volúmenes de tráfico bajos (TPDA < 1000), se emplea la ecuación siguiente:

$$V_c = 0.8V_d + 6.5$$

En donde: V_c = Velocidad de circulación, expresada en kilómetros por hora.

V_d = Velocidad de diseño, expresada en kilómetros por hora.

De acuerdo a la MTOP, (2003). La velocidad de circulación se calcula considerando la velocidad prevista para la vía y la cantidad de vehículos que la utilizan, como se observa en la tabla 6.

Tabla 6.
Relaciones entre velocidades de circulación y de diseño.

Fuente: Fuente propia basada en (MTOP, 2003).

2.2.3 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL

En el diseño de alineamientos horizontales en carretera es de suma importancia analizar minuciosamente el radio mínimo de curva, grado máximo de curva, peralte máximo, factores de fricción y las tangentes de cada curva, por lo que se consideran dos casos que son tangente seguida por curva horizontal y alineamiento compuesto de tangente y curva horizontal y vertical. De esta manera podemos determinar la sobreelevación en fracción decimal con la siguiente formula. (NEVI-12, 2013)

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

Donde:

e = Tasa de sobreelevación en fracción decimal.

f = Factor de fricción lateral (fuerza de fricción sobre la masa perpendicular al pavimento).

V = Velocidad de diseño en kilómetros por hora.

R = Radio de curva en metros.

Tabla 7
Tasa de sobreelevación (%)

Tasa de sobreelevación e (%)	Tipo de Área
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: Fuente propia basada en (NEVI-12, 2013)

Como podemos observar en la tabla 5. Nos da un porcentaje de diseño de sobreelevación y en qué zona se ubica.

2.2.3.1. RADIOS MINIMOS PARA CURVAS HORIZONTALES

Los radios mínimos son muy importantes para decidir la velocidad de diseño, los puntos más importantes para decidir el radio es la elevación y fricción lateral de diseño, con el fin de que los vehículos que circulen no pierdan pista por la inclinación o que se resbalen. Para reducir los radios hay que jugar con la sobreelevación y con las tasas de fricción lateral, pero estas medidas no son garantizadas ya que la adherencia del vehículo dependerá del tipo y estado de las llantas.

Una vez establecido el factor de sobre elevación se puede utilizar la siguiente fórmula para el cálculo de los radios mínimos

$$R = V^2 / (127(e + f))$$

Donde:

R = Radio mínimo de curvatura

e = Tasa de sobreelevación en fracción decimal

f = Factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida para la masa perpendicular al pavimento.

V= Velocidad de diseño en km/h

El grado de curvatura (Gc) el ángulo sustentado en el centro del círculo de radio R por un arco de 100 pies o de 20 metros, Según la NEVI 12 se utiliza en el sistema métrico se utiliza la siguiente expresión.

$$Gc = 1145.92 / R$$

Tabla 8.
Velocidad de diseño para curvas horizontales.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 4%			Peralte máximo 6%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	33.7	35	32° 44'	30.8	30	38° 12'
40	0.17	60.0	60	19° 06'	54.8	55	20° 50'
50	0.16	98.4	100	11° 28'	89.5	90	12° 44'
60	0.15	149.2	150	7° 24'	135.0	135	8° 29'
70	0.14	214.3	215	5° 20'	192.9	195	5° 53''
80	0.14	280.0	280	4° 05'	252.0	250	4° 35'
90	0.13	375.2	375	3° 04'	335.7	335	3° 25'
100	0.12	492.1	490	2° 20'	437.4	435	2° 38'
110	0.11	635.2	635	1° 48'	560.4	560	2° 03'
120	0.09	872.2	870	1° 19'	755.9	775	1° 29'

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%			Peralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12'	26.2	25	45° 50'
40	0.17	50.4	50	22° 55'	46.7	45	25° 28'
50	0.16	82.0	80	14° 19'	75.7	75	15° 17'
60	0.15	123.2	120	9° 33'	113.4	115	9° 58'
70	0.14	175.4	175	6° 33'	160.8	160	7° 10'
80	0.14	229.1	230	4° 59'	210.0	210	5° 27'
90	0.13	303.7	305	3° 46'	277.3	275	4° 10'
100	0.12	393.7	395	2° 54'	357.9	360	3° 11'
110	0.11	501.5	500	2° 17'	453.7	455	2° 31'
120	0.09	667.0	665	1° 43'	596.8	595	1° 56'

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 156
Nota: Cifras redondeadas para radios y grados recomendados

Fuente: Fuente basada en (NEVI-12, 2013)

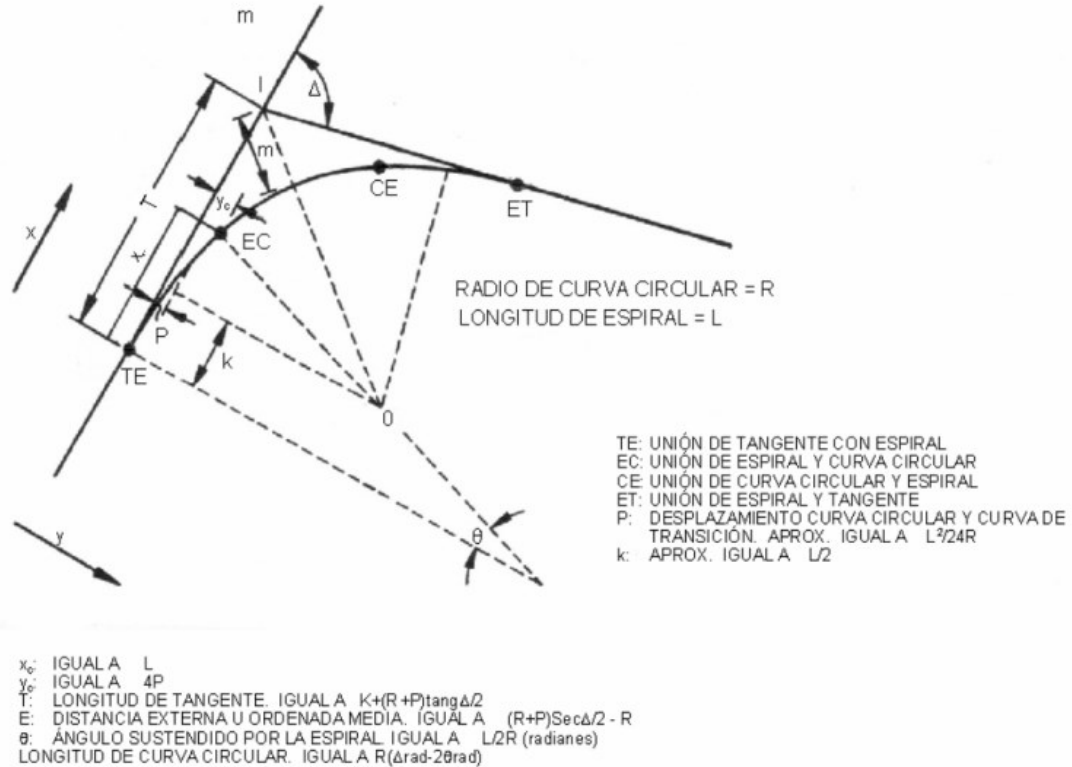
2.2.3.2. CURVAS HORIZONTALES DE TRANSICIÓN.

Las curvas horizontales de transición dan seguridad a los automovilistas ya que con este tipo de curvas se reduce significativamente la violencia de la fuerza centrífuga que se da al momento de recorrer la curva.

“En la situación de salida de la curva circular hacia la espiral (CE), se produce el desarrollo inverso hasta el contacto de la espira con la tangente (ET)” (NEVI-12, 2013)

Como podemos observar en la ilustración 2. Tomando en cuenta que de esta manera obtenemos una disminución gradual de la aceleración radial, por lo que este método es mayormente utilizado y recomendado para el diseño de carreteras.

Ilustración 2.
Componentes de la curva circular y espiral.



Fuente: Fuente basada en (NEVI-12, 2013)

2.2.4 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

“El alineamiento vertical, también llamado alineamiento en alzada o diseño geométrico en perfil, es la proyección del eje de la carretera sobre una superficie vertical paralela al mismo (vista en perfil)”(Javier & Ernesto, 2012, p. 217)

El diseño geométrico vertical de una carretera es básicamente la forma en que se dibuja o proyecta la carretera en un plano vertical. Esta proyección se hace en una superficie que corre paralela a la vía y muestra la forma y la longitud real del camino(Grisales, 2015)

Es importante que el diseño vertical y horizontal esté equilibrado y sea coherente para garantizar la comodidad y seguridad de quienes lo usan. Los parámetros verticales y horizontales deben coincidir para lograr esa consistencia y balance.(Javier & Ernesto, 2012)

2.2.4.1 ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL.

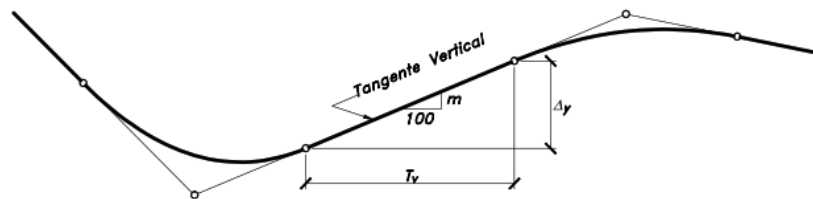
El alineamiento vertical se compone de secciones rectas conocidas como tangentes y tramos curvos identificados como curvas verticales. (Javier & Ernesto, 2012)

2.2.4.1.1 TANGENTES VERTICALES

En el diseño vertical de una carretera, una tangente marca el final de un tramo curvo ("PTV", Principio de la curva vertical) y se detiene donde comienza el próximo tramo curvo ("PCV", Terminación de la curva vertical). Esta disposición define la longitud de la tangente. Otro aspecto clave de la tangente es su pendiente, que es simplemente la relación entre la elevación desde el PTV al PCV y la longitud de la tangente. (Javier & Ernesto, 2012)

Según se muestra en la Ilustración 3. la extensión T_v de una línea recta vertical es la medida horizontal entre el final de la curva previa y el inicio de la siguiente.

Ilustración 3.
Tangente Vertical.



Fuente: Fuente basada en (Grisales, 2015, p. 308)

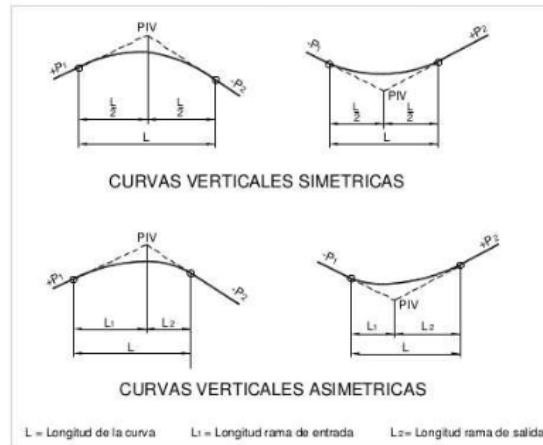
2.2.4.1.2 CURVAS VERTICALES

Una curva vertical es parte del diseño que conecta dos tangentes verticales consecutivas de forma gradual, permitiendo el cambio suave de la pendiente de una sección a otra. (Grisales, 2015). Su objetivo es lograr una carretera que sea segura y cómoda para conducir, tenga una buena apariencia y cuente con un sistema de drenaje efectivo. (Javier & Ernesto, 2012).

Las curvas verticales pueden clasificarse como simétricas y asimétricas como podemos apreciar en la ilustración 4. De igual manera pueden categorizarse según su forma, siendo convexas

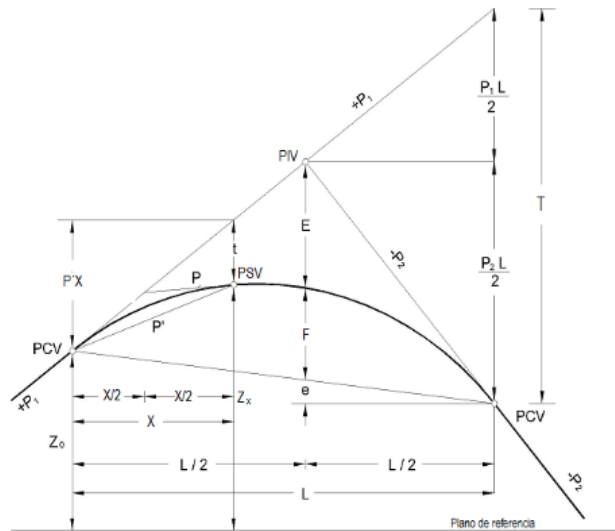
o cóncavas como podemos apreciar en la ilustración 5. También según la proporción entre las ramas que las componen, dividiéndolas en simétricas y asimétricas. (de Carreteras, 2018)

Ilustración 4.
Curvas Verticales.



Fuente: Fuente basada en (Carreteras, 2018)

Ilustración 5.
Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas.



Fuente: Basada (MOT, 2018, p. 47)

Puntos característicos

PIV = Intersección tangentes verticales.

PCV = Comienzo curva PTV Terminación curva.

PSV = Punto sobre curva vertical.

PARÁMETROS:

P1 = Pendiente de entrada.

P2 = Pendiente de salida.

A = Diferencia de pendientes. $A = P_1 - (-P_2)$

L = Longitud de curva.

K = Variación de longitud. $K = L/A$

ELEMENTOS DE LA CURVA VERTICAL:

X = Distancia del PCV a un PSV.

Z₀ = Elevación del PCV.

P = Pendiente en un PSV. $P = P_1 - A \left(\frac{X}{L} \right)$

p' = Pendiente cuerda a PSV. $P' = \frac{1}{2}(P_1 + P)$

E = Externa. $E = \frac{AL}{8}$

F = Flecha. $F = E$

t = Desviación a un PSV. $t = \frac{AX^2}{2L}$; $T = \frac{AL}{2}$

Z_x = Elevación de un PSV.

$$Z_x = Z_0 + \left(P_1 - \frac{AX}{2L} \right) X$$

2.2.1.2.1. CURVAS VERTICALES CONVEXAS

La norma MTOP (2003), de diseño geométrico de carreteras señala que: La extensión mínima de las curvas verticales se calcula según los estándares de visibilidad para que un vehículo pueda detenerse, tomando en cuenta la altura de los ojos del conductor (1,15 metros) y la altura

del objeto visible sobre la carretera (0,15 metros) como podemos apreciar en la ilustración 6. Esta longitud se representa mediante la siguiente fórmula:

La longitud mínima absoluta se puede obtener con la formula:

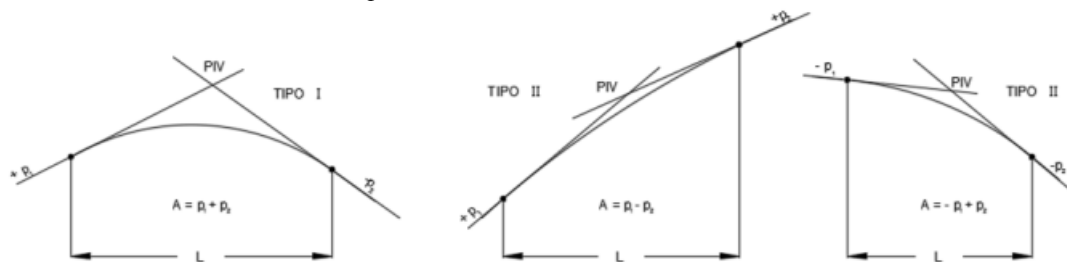
$$L_{min} = 0.60 * V$$

Donde:

L = longitud mínima en m.

V = Velocidad de diseño, km/h

Ilustración 6.
Tipos de curvas verticales convexas.



Fuente: Basada (MOT, 2018)

P_1 = pendiente de entrada

P_2 = pendiente de salida

A = diferencia de pendientes

L = longitud de curva

K = variación de la longitud por unidad de pendiente: $K = \frac{L}{A}$

2.2.1.2.2 CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS

Para garantizar la seguridad, las curvas verticales cóncavas deben tener una longitud que permita que la luz de los faros del vehículo ilumine una distancia similar a la necesaria para detenerse visualmente como podemos apreciar en la ilustración 7.(MOTOP, 2003)

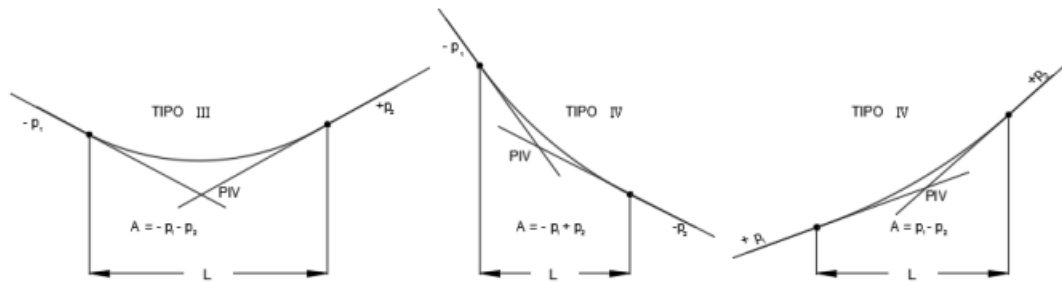
La longitud mínima absoluta se puede obtener con la formula:

$$L_{min} = 0.60 * V$$

Donde: **L**= longitud mínima en m.

$V =$ Velocidad de diseño, km/h

Ilustración 7.
Tipos de curvas verticales cóncavas



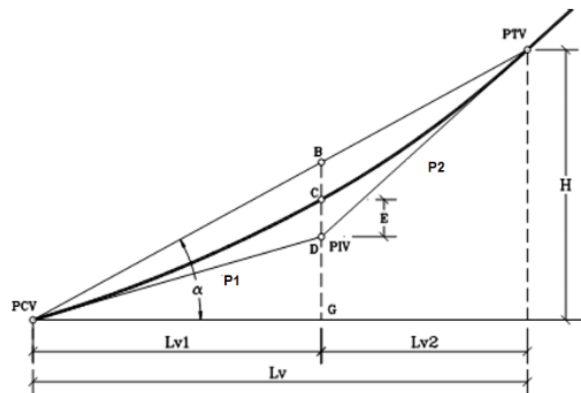
Fuente: Basada (MOT, 2018)

2.2.1.2.3 CURVAS VERTICALES SIMÉTRICAS

“La curva vertical asimétrica es aquella donde las proyecciones de las dos tangentes de la curva son de diferente longitud”.(Navarro Hudiel, 2017, p. 166)

Como podemos apreciar en la ilustración 8. Los componentes que constituyen las curvas verticales simétricas.

Ilustración 8.
Curvas verticales simétricas.



Fuente: Navarro Hudiel, 2017, p. 165.

Cuando se emplean curvas asimétricas se recomienda, principalmente por estética, que se cumpla la relación: $L_{\text{mayor}} / L_{\text{menor}} < 1.5$ (Agudelo Ospina, 2002)

2.3 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

“Los pavimentos flexibles Forman una capa bituminosa de asfalto altamente resistente a los ácidos, alcalis y sales “ (NEVI-12, 2013)

2.3.1 MÉTODO AASHTO

El método de diseño AASHTO 93 se basa en una fórmula empírica derivada del ensayo vial AASHO llevado a cabo en Ottawa, Illinois. Desde su publicación en 1958, esta fórmula ha sido modificada en diferentes ocasiones: en 1973, 1986 y 1993. Todas las versiones se centran en la pérdida de Serviciabilidad y en el cálculo del número del número estructural (SN) para alcanzar una duración predeterminada por el diseñador (AASHTO, 1993).(Saldaña Marulanda, 2013)

La fórmula actual de AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles se muestra como:

$$\text{Log}_{10}W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 * \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Dónde:

- **W18** = Numero de ejes equivalentes para el periodo de diseño
- **SN** = Numero Estructural
- **ΔPSI = (Po-Pt)** = Diferencia de Serviciabilidad
- **Po** = Indicie de Serviciabilidad Inicial
- **Pt** = Indicie de Serviciabilidad Final
- **ai** = Coeficiente estructural.
- **Mr** = Modulo Resiliente.
- **Z** = Nivel de Confiabilidad.
- **So** = Desviación Estándar.
- **mi** = Coeficiente de drenaje.

2.3.1.1 NUMERO ESTRUCTURAL

Los son valores estructurales por capa (SN), se obtiene usando la fórmula actual de AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles, para calcular SN1, SN2 y SN3, se incorporan los valores Mr de la base, subbase y subrasante, respectivamente, en la ecuación.

2.3.1.2 SELECCIÓN DE LOS ESPESORES DE CAPA

Consiste encontrar un conjunto de capas con espesores adecuados que, al combinarse de manera conveniente, ofrezcan la capacidad de soporte requerida para el número estructural determinado. (M FONSECA, 2002). Para su cálculo utilizamos la formula siguiente.

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

- a_1, a_2, a_3 = Número estructural del pavimento.
- D_1, D_2, D_3 = Espesores de capa asfáltica.
- m_2, m_3 = Coeficientes de drenaje.

2.3.1.3 MODULO RESILIENTE MR

El módulo resiliente hace referencia a la medida de la capacidad de un material de pavimentación para recuperar su forma original después de ser sometido a cargas repetitivas.

- **Modulo resiliente para la subrasante:**

Este depende del (Índice de Soporte de California) CBR, para obtener el módulo resiliente de la subrasante utilizamos la siguiente formula.

$$M_r = 1500 * CBR \quad \text{Para un CBR menor a 7.2\%}.$$

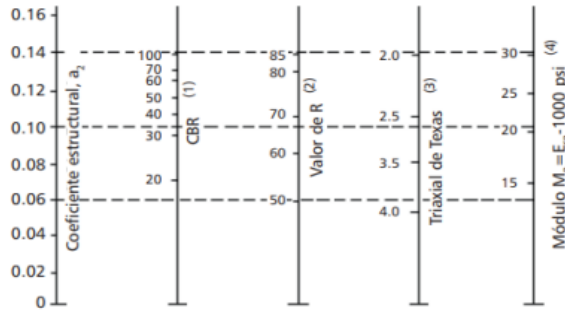
- **Modulo resiliente para la base:**

“El valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%”(MOP, 2002, p. IV-48)

Como podemos observar en la ilustración 9. Mediante el ábaco podremos determinar el módulo de resiliencia para la base.

Ilustración 9.

Abaco para determinar el coeficiente estructural de la base a2.



Fuente: (AASHTO, 1993)

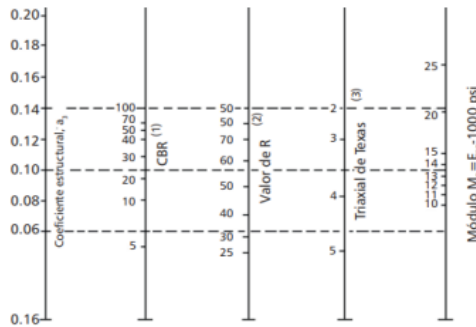
- **Modulo resiliente para la subbase**

“La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%”(MOP, 2002, p. IV-38)

Como podemos observar en la ilustración 10. Mediante el ábaco podremos determinar el módulo de resiliencia para la subbase.

Ilustración 10.

Abaco para determinar el coeficiente estructural de la subbase a3.



Fuente: (AASHTO, 1993)

2.3.1.4 NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)

Esta variable considera las fluctuaciones previstas en el tráfico y el rendimiento esperado del pavimento en términos de carga. Según la Guía de Diseño AASHTO 93, la confiabilidad del diseño de un pavimento se define como la probabilidad de que la estructura diseñada funcione adecuadamente frente a las cargas de tráfico y las condiciones ambientales durante el período para el cual fue diseñada.

Tabla 9.
Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.

Tipo de Camino	Zonas Urbanas (%)	Zonas Rurales (%)
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Carreteras de primer orden	80 - 99	75 - 95
Carreteras secundarias	80 - 95	75 - 95
Carreteras locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: basada en (M FONSECA, 2002)

2.3.1.5 EL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

La Serviciabilidad de un pavimento se refiere a su capacidad para satisfacer las necesidades del tráfico que lo utiliza. Se evalúa mediante un índice llamado PSI, que va de 0 (carretera no funcional) a 5 (carretera óptima). La idea principal del diseño es crear un pavimento que, basado en el tráfico esperado, mantenga un nivel mínimo deseado de Serviciabilidad al final del período de diseño. (M FONSECA, 2002)

Para su cálculo utilizamos la expresión diferencia de Serviciabilidad.

$$\Delta\text{PSI} = (\text{Po} - \text{Pt})$$

Po: Índice de Serviciabilidad Inicial

Pt: Índice de Serviciabilidad Final

Los valores recomendados según la AASHTO 93, (1998) para los niveles de Serviciabilidad tenemos:

Serviciabilidad inicial:

- Po = 4.5 para pavimentos rígidos
- Po = 4.2 para pavimentos flexibles

Serviciabilidad final:

- Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes
- Pt = 2.0 para caminos de menor tránsito

2.3.1.6 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Representada por el parámetro (ZR) está directamente asociado a la confiabilidad de (R) cuyos valores desviación estándar se muestran en la tabla 10.

Tabla 10.
Valores de Desviación Estándar correspondientes a niveles de confiabilidad.

Confiabilidad (%)	ZR
50	0
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
92	-1.405
94	-1.555
95	-1.645
98	-2.054
99.99	-3.75

Fuente: Bermeo Barros & Lucero Zhisipón, 2023.

2.3.1.7 ERROR ESTÁNDAR COMBINADO

En el diseño de pavimentos, es crucial calcular el error normal combinado (s_o), que considera el error o desviación del diseño, las variaciones en las propiedades de los materiales y subrasante, las estimaciones del tráfico, las condiciones climáticas y la calidad de la construcción. (Lizcano & Quintana, 2015). Este parámetro se obtiene de la tabla 11.

Tabla 11.
Coefficiente S_o del pavimento.

Proyecto de Pavimento	S_o	
	Flexible	Rígido
	0.40 - 0.50	0.30 - 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobre capas	0.5	0.4

Fuente: Lizcano & Quintana, 2015.

2.4 DISEÑO SE CUNETAS

2.4.1 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Este coeficiente indica la conexión entre la cantidad total de lluvia que cae y la que se desplaza superficialmente. (MTOPI, 2003) Los diversos valores correspondientes al coeficiente de escorrentía, según el tipo de suelo, están detallados en la tabla 12.

Tabla 12.
Coeficiente de escorrentía C.

Coeficiente de Escorrentía "C"					
Pendiente del Terreno					
Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pronunciada 50%	Alta 20%	Media 5%	Suave 1%
Sin Vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25
Pasto vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,65	0,55	0,50
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15
Bosques densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10

Fuente: MTOPI, 2003.

2.4.2. INTENSIDAD DE LLUVIA

La intensidad de la lluvia se define como la cantidad de precipitación registrada durante un intervalo de tiempo específico, según la información suministrada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Las fórmulas y expresiones empleadas para calcular la intensidad de

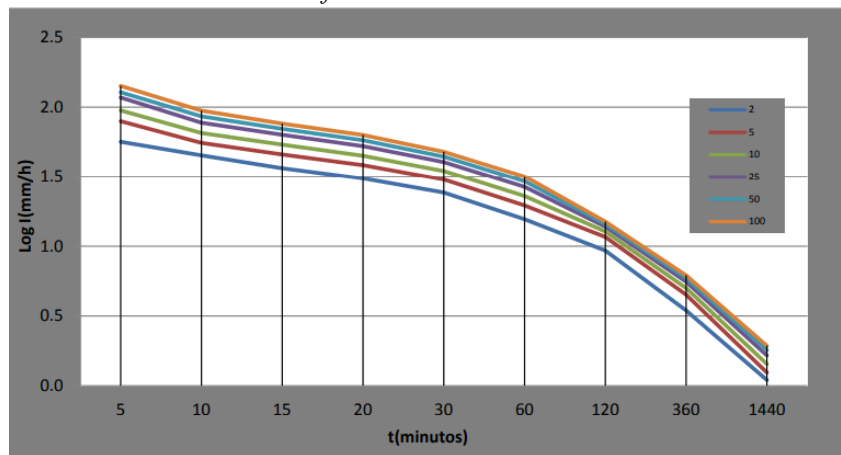
la lluvia serán aquellas recomendadas por la mencionada institución. Podemos determinar que la estación de Girón es la M 0419. (INAMHI 2015)

La determinación de los flujos de diseño para el sistema de drenaje de la plataforma se llevará a cabo utilizando la metodología racional, ajustándose a un tiempo de concentración no menor de 10 minutos y a un periodo de retorno correspondiente a 25 años.

Así podemos obtener las curvas IDF que nos servirán para nuestro diseño de cunetas como podemos observar en la ilustración. (INAMHI 2015)

En la Cuenca del río Jubones. Tenemos las siguientes estaciones de Saraguro, Oña Cartagena, Nabón, Pasaje, Santa Isabel, Pucará, Girón entre otras. Entre las más antiguas tenemos la de Santa Isabel y Saraguro. Debido a varios factores como la cercanía, los datos limpios y precipitaciones semejantes tomaremos como referencia la estación M 0032 de Santa Isabel.

Ilustración 11.
Intensidad duración frecuencia estación M0032 Santa Isabel.



Fuente: (INAMHI 2015)

Estas curvas hacen relación al tiempo de concentración y periodo de retorno de la intensidad y precipitación de lluvia, por lo que son vitales para su proyección como podemos observar en la ilustración 11.

2.4.3 SECCIÓN DEL CANAL

Las cunetas pueden clasificarse según la forma de su sección transversal, siendo las formas más comunes: triangular, rectangular y trapezoidal. La preferencia por cunetas triangulares es amplia, probablemente debido a su facilidad tanto en la construcción como en el mantenimiento.

Ilustración 12.
Capacidad hidráulica de cunetas triangulares.

Tipo de cuneta o canal	
Ancho	$(z_a + z_b) * h$
superficial Área	$\frac{(z_a + z_b) * h^2}{2}$
Perímetro mojado	$(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2}) * h$
Radio hidráulico	$\frac{(z_a + z_b) * h}{2 * (\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2})}$
	$x * h + \frac{z_b * h^2}{2} + \frac{x^2}{2z_a} * (\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 * z_b * h}{x} - 1)$
	$h + \sqrt{x^2 * (1 + \frac{1}{z_a^2})} + \sqrt{1 * (h - \frac{x}{z_a}) + z_b^2}$
	$\frac{x * h + \frac{z_b * h^2}{2} + \frac{x^2}{2z_a} * (\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 * z_b * h}{x} - 1)}{h + \sqrt{x^2 * (1 + \frac{1}{z_a^2})} + \sqrt{1 * (h - \frac{x}{z_a}) + z_b^2}}$

Fuente: MTOP, 2013.

El (MTOP, 2003) sugiere que las secciones triangulares deben tener pendientes mínimas de 3:1 hacia la vía y pendientes que sigan la inclinación del talud de corte en el lado opuesto. En el diseño de las cunetas, se consideran factores como el caudal máximo, la sección transversal, el tipo de material, la longitud, la pendiente longitudinal y la velocidad.

2.5. SEÑALIZACION

De acuerdo al Reglamento Técnico Ecuatoriano de Señalización Vial de 2011, se establece que la circulación de vehículos y peatones debe ser dirigida y controlada para garantizar que se realice de manera segura, sin interrupciones, de manera ordenada y cómoda. La señalización de tráfico desempeña un papel fundamental para lograr estos objetivos. El propósito principal de la señalización vial es prevenir riesgos para la salud, la vida y el entorno medioambiental. (INEN, 2012, p. 2)

2.5.1 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

La señalización vertical se refiere a cualquier dispositivo de control de tráfico que se utiliza para transmitir información específica a los usuarios de la carretera mediante una palabra o leyenda acompañada de un símbolo.(Villena et al., s. f.)

2.5.1.1 CLASIFICACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Es necesario determinar la función de las señales para definir las adecuadamente.

- **Señales reglamentarias:** Controlan el flujo del tránsito, y no seguir sus indicaciones constituye una violación.(INEN, 2011)
- **Pare:** Se coloca en las cercanías de las intersecciones, donde una de las carreteras tiene prioridad sobre la otra. Esta señal requiere que los vehículos se detengan antes de ingresar a la intersección. (INEN, 2011)
- **Doble vía:** Debe ser situado al inicio de una vía de doble carril y repetirse en todas las intersecciones y cruces de manera constante. Las señales deben ser instaladas en ambas aceras de la calle. (INEN, 2011)
- **Límite máximo de velocidad:** Esta señal se emplea para señalar la velocidad máxima permitida en una sección específica de la carretera. (INEN, 2011)
- **Señales preventivas:** Alertan a los usuarios de la vía sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la carretera o sus alrededores.(INEN, 2011)
- **Curva cerrada izquierda:** Estas señales señalan la proximidad de curvas cerradas y se colocan antes de una curva con un ángulo de giro de hasta 90 grados. (INEN, 2011)
- **Hoy curva cerrada abierta izquierda y derecha:** Se colocan en las aproximaciones a curvas abiertas y se instalan en las proximidades de una curva abierta, ya sea a la izquierda o a la derecha. (INEN, 2011)

- **Hola animales en la vía:** Esta señal debe emplearse para indicar la posible presencia de animales en la carretera, ya sean domésticos o de ganado. (INEN, 2011)
- **Señales de guía:** Proporcionan información sobre rutas, destinos, direcciones y distancias.(INEN, 2011)
- **Señales de servicio general turísticas y recreativas:** Ofrecen detalles sobre servicios generales, puntos de interés turístico y otra información geográfica, recreativa o cultural.(INEN, 2011)
- **Señales y dispositivos para trabajos en la vía y propósitos especiales:** Advierten a los usuarios sobre condiciones temporalmente peligrosas, tanto para ellos como para los trabajadores y equipos de obras públicas en la carretera. También protegen trabajos parcialmente completados contra posibles daños.(INEN, 2011)

2.5.1.2. SEÑALIZACION HORIZONTAL

Con respecto a este Reglamento Técnico (INEN, 2011), además de las definiciones establecidas en el Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, se incorporan las siguientes definiciones:

- **Ancho libre:** La medida horizontal en la calzada entre obstáculos laterales que determina el límite máximo para el paso de vehículos. (INEN, 2011)
- **Carretera:** Una vía pública rural destinada al tráfico general, excluyendo las vías férreas. .(INEN, 2011)
- **Carril contra flujo:** Un carril que opera en la dirección opuesta al flujo normal de tráfico. Por lo general, estos carriles están separados de los carriles de flujo normal mediante postes plásticos o barreras móviles o permanentes. (INEN, 2011)

- **Carril de vehículo de alta ocupación:** Carril preferencial designado exclusivamente para vehículos livianos con alta ocupación. (INEN, 2011)
- **Cruce regulado:** Intersecciones controladas por semáforos o señales de tránsito. (INEN, 2011)
- **Desregularización:** Acción administrativa que modifica una norma obligatoria a una norma voluntaria o derogatoria de un Reglamento Técnico o procedimiento de Evaluación de la Conformidad. (INEN, 2011)
- **Emulsión asfáltica:** Sistema heterogéneo con dos fases inmiscibles (asfalto y agua), donde el agua constituye la fase continua y la fase dispersa está formada por glóbulos micrométricos de asfalto, estabilizados con agentes emulsificantes. (INEN, 2011)
- **Línea de ceda el paso:** Señal en las calzadas antes de las intersecciones que indica a los conductores dónde detenerse si es necesario, siguiendo las indicaciones de señalización. (INEN, 2011)
- **Paso elevado:** Cruces peatonales, vehiculares o ferroviarios que pasan por encima del nivel de las vías. (INEN, 2011)
- **Paso lateral:** Ruta alternativa para evitar el ingreso a una zona poblada. (INEN, 2011)
- **Proveedor:** Persona natural o jurídica, ya sea pública o privada, que realiza actividades de producción, fabricación, importación, construcción, distribución, alquiler o comercialización de bienes y servicios, incluyendo aquellos que adquieren bienes o servicios para integrarlos en procesos de producción o

transformación, así como aquellos que prestan servicios públicos por delegación o concesión. (INEN, 2011)

- **Semáforos:** Dispositivos ópticos luminosos utilizados para el control del tránsito vehicular y peatonal. (INEN, 2011)
- **Señalización:** Símbolos, palabras o demarcaciones, tanto horizontales como verticales en la vía, destinados a guiar el tráfico de vehículos y peatones. (INEN, 2011)
- **TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual):** La cantidad media de tráfico registrada diariamente a lo largo de un año. (INEN, 2011)
- **Vía:** Área designada para la circulación de vehículos y peatones. (INEN, 2011)
- **Vía mayor:** Vía en una intersección que lleva un flujo más elevado de vehículos. (INEN, 2011)
- **Vía menor:** Vía en una intersección que lleva un flujo menor de vehículos. (INEN, 2011)

CAPITULO 3. METODOLOGIA.

3.1. ESTUDIOS PREVIOS

3.1.1. UBICACIÓN

La identificación de la ubicación de los puntos de control se realizó a través de una exploración terrestre detallada, considerando tanto la topografía del terreno como la geometría específica de la carretera. Se eligieron zonas donde la configuración del terreno permita un acceso fácil, asegurando al mismo tiempo que posea una visibilidad óptima.

Este proceso garantiza que los puntos de control estuvieran estratégicamente ubicados, proporcionando referencias precisas durante el levantamiento topográfico y a su vez en las etapas subsiguientes en el proyecto.

3.1.2.1. CONSTRUCCIÓN DE HITOS O MONUMENTOS

Se llevó a cabo mediante la instalación de pequeñas estructuras o monumentos de forma trapezoidal de 20*20*20 con el fin de establecer con precisión las ubicaciones de cada uno de los puntos, para esto se colocaron 2 hitos cada 500m a lo largo del tramo y nos dio un total de 8 hitos como podemos ver en el anexo de puntos de control.

Ilustración 13.

Fundición y excavación de hitos (puntos de control).



Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

Inicialmente, es necesario establecer puntos de referencia para fijar la base del receptor GPS diferencial RTK y determinar un punto promedio utilizando las señales de satélites disponibles en coordenadas UTM-WGS84. Este punto promedio se convertirá en el punto inicial para iniciar el proyecto.

3.1.1.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Ilustración 14.

Levantamiento topográfico mediante la herramienta RTK.



Fuente: Elaboración propia

Una vez configurada la estación base se procede a realizar el levantamiento de nuestros puntos de interés con la estación móvil siempre verificando que la señal se fija como podemos observar en la ilustración 14. Para este levantamiento se utilizó también una estación total para levantar información de taludes de difícil acceso como podemos observar en la ilustración 15. Se tomaron puntos cada 15m en las zonas recta y 5m para curvas siendo nuestra franja topográfica de más o menos 30m. Los puntos que se detallaron son:

- Cerramientos
- Infraestructura vial existente - topografía
- Poste de red eléctrica

- Límites de la vía
- Alcantarillas

Ilustración 15.

Levantamiento topográfico mediante la estación total.



Fuente: Elaboración propia

3.1.2. TRABAJO DE GABINETE

3.1.2.1. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La información recopilada en el terreno fue transferida a la computadora, revisada y sometida a un proceso de control de calidad. Esto se hizo para confirmar la precisión y coherencia de los datos, eliminando aquellos puntos incorrectos o inútiles. Dicho de otra forma, se realizó una depuración completa de los datos, y se utilizaron programas informáticos como Civil 3D para generar modelos digitales del terreno.

3.1.2.2. ELABORACIÓN DE PLANOS E INFORMES

Una vez terminada la fase de procesamiento y análisis de los datos, es esencial interpretarlos para establecer un criterio que cumpla con las normativas viales y las restricciones topográficas. Posteriormente procedemos a la elaboración de informes y planos topográficos que detallan elementos como curvas de nivel, coordenadas, perfiles del terreno y perfiles del proyecto. Estos detalles específicos se encuentran adjuntos en los anexos de diseño vial y planos.

3.2. ESTUDIO DE TRAFICO

Para verificar la carga vehicular y el tráfico que circula por la vía es necesario realizar un estudio de tráfico por lo que se va a proyectar un TPDA para 20 años tomando en cuenta desde el año 2024 hasta 2044. Este estudio se realizó mediante un conteo vehicular en un periodo de 24 horas, cuya locación se hizo al inicio de la vía de único acceso vehicular. Desde el 10 al 16 de diciembre.

Para realizar el análisis de tráfico es necesario determinar el factores horario, diario, semanal y mensual para realizar la proyección al año actual.

3.2.1. FACTOR DIARIO

Como el conteo se realizó en una semana el factor horario se determina dividiendo el número de días contados, de esta forma obtenemos un $f_d = 1$.

3.2.2. FACTOR HORARIO

Para determinar el factor horario se define con relación a las 24 horas del día con las horas del conteo por lo tanto obtenemos un $f_h = 1$.

3.2.3. FACTOR SEMANAL

Para determinar el factor semanal se realiza el ajuste dividiendo el número de semanas para cuatro semanas del mes obteniendo un $f_s = 1.1071$ como podemos observar en la tabla 13.

Tabla 13.
Factor semanal.

Factor semanal en función del número de semanas por mes			
MES	No DIAS	No SEMANAS	Fs
Enero	31	4.428571429	1.1071
Febrero	28	4	1
Marzo	31	4.428571429	1.1071
Abril	30	4.285714286	1.071
Mayo	31	4.428571429	1.1071
Junio	30	4.285714286	1.071
Julio	31	4.428571429	1.1071
Agosto	31	4.428571429	1.1071
Septiembre	30	4.285714286	1.071

Octubre	31	4.428571429	1.1071
Noviembre	30	4.285714286	1.071
Diciembre	31	4.428571429	1.1071
Total	365		

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. FACTOR MENSUAL

Para la determinación del factor mensual es necesario realizar una tabla con el consumo de combustible y se realiza la proyección y se elige el mes en el cual se realizó el conteo, por lo cual en nuestro caso el $fm = 0.910564$. cómo podemos observar en la tabla 14.

Tabla 14.
Consumo de combustibles provincia del Azuay 2022.

CONSUMO DE COMBUSTIBLES PROVINCIA DEL AZUAY 2022					
MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA	FACTOR
Enero	5,041,034	426,907	3,821,603	9,289,543	1.059592
Febrero	4,880,836	433,298	3,541,383	8,855,516	1.111524
Marzo	5,355,979	453,869	3,841,103	9,650,951	1.019912
Abril	5,032,952	413,959	3,736,007	9,182,917	1.071895
Mayo	5,078,272	399,376	4,163,812	9,641,460	1.020916
Junio	5,196,709	387,913	4,223,877	9,808,499	1.003530
Julio	5,547,513	419,991	4,503,173	10,470,677	0.940066
Agosto	5,452,805	428,022	4,448,420	10,329,247	0.952937
Septiembre	5,349,559	389,638	4,417,146	10,156,342	0.969160
Octubre	5,258,978	392,703	4,126,129	9,777,810	1.006680
Noviembre	5,417,543	396,626	4,330,418	10,144,587	0.970283
Diciembre	5,907,968	444,561	4,457,393	10,809,921	0.910564

Fuente: Elaboración propia

$$TPDA = T_0 * FH * FD * FS * FM$$

De esta manera utilizando la ecuación para obtener el TPDA, nos da un resultado de $TPDA_{2023} = 1.000812$ que va a ser para el año que realizamos el conteo.

Con este valor podremos proyectar la tasa de crecimiento vehicular para el año que necesitamos que será hasta el 2044 como podemos observar en la tabla 15. Teniendo en cuenta que la proyección máxima que se puede hacer es hasta 30 años.

Tabla 15.
Tpda proyectado hasta el 2054.

	VEHICULOS	TPDA 2024	TPDA 2029	TPDA 2034	TPDA 2039	TPDA 2044	TPDA 2049	TPDA 2054
TOTAL	L	407	517	531	526	518	514	511
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	11	11	11	11	10	10	10
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	17	17	17	16	16	16	16
	TOTAL	435	544	558	553	545	541	537

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el TPDA2044 = 545. Obteniendo un promedio de 545 vehículos que circulen por la vía Girón-Curiquingue.

3.3. DETERMINACION DEL NUMERO DE EJES EQUIVALENTES

3.3.1. CLASIFICACIÓN DEL TRAFICO

Después de la recopilación de datos de tráfico, se llevó a cabo la categorización, considerando que cada una de ellas presenta distintas cargas y efectos de deterioro en la superficie del pavimento.

Tabla 16.
Clasificación del tráfico.

	AÑO 2022	TOTAL	Porcentajes de Vehiculos
	TPD TOTAL	751	
	AUTOS	725	93,84%
	BUSES	0	1,57%
	CAMIONES	26	4,59%
25%	2DA	2	
75%	2DB	8	
	3 - A	0	
	4 - C	5	
20%	2S2	1	
80%	2R3	4	
20%	3S2	1	
20%	3R3	1	
80%	3S3	4	

Distribucion Camiones	
	19,56%
	58,77%
	31,93%
	1,86%
	1,70%
	0,49%
	3,64%
	1,05%
	0,57%

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. FACTOR EQUIVALENTE DE CARGAS

La tabla 17. muestra el factor equivalente de carga

Tabla 17.
Factores equivalentes de carga

TIPO	FACTORES DE EQUIVALENTE DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO								FACTOR FEC
	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		
	tons	(P/6.6)^4	tons	(P/8.2)^4	tons	(P/15)^4	tons	(P/23)^4	
BUS	4	0,13	9	1,45					1,59
2DA	3	0,04	7	0,53					0,57
2DB	7	1,27	11	3,24					4,50
3A	7	1,27			20	3,16			4,43
4C	7	1,27				0,00	24	1,19	2,45
2S2	7	1,27		3,24	20	3,16			7,66
2R3	7	1,27	11	3,24	20	3,16			10,90
			11	3,24					
3S2	7	1,27			20	3,16			7,59
					20	3,16			
					20	3,16			
3R3	7	1,27	11	3,24	20	3,16			10,82
					20	3,16			
3S3	7	1,27			20	3,16	24	1,19	5,61

Fuente: Elaboración propia

Con estos resultados de los factores de carga, procedemos al cálculo del Número de Ejes Equivalentes (ESALS), para 2 carriles y un periodo de 20 años la cual nos dio un valor de $W_{18}=322.486$.

Tabla 18.
Cálculo del número de ejes equivalentes

AÑO	% Crecimiento				TRANSITO PROMEDIO DIARIO				CAMIONES								W ₁₈ Acumulado	W ₁₈ Carril Diseño		
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	2DA	2DB	3- A	4- C	2S2	2R3	3S2			3R3	3S3
2024	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	751	775	0	2	24	2	8	0	5	1	4	1	1	4	51.670	23.252
2025	12,16%	-0,29%	-0,29%	-0,29%	839	813	0	2	24	2	14	7	0	0	0	0	0	0	61.419	38.004
2026	8,90%	-0,29%	-0,29%	-0,29%	911	885	0	2	24	2	14	7	0	0	0	0	0	0	121.940	54.596
2027	6,33%	-0,29%	-0,29%	-0,29%	967	942	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	154.041	69.480
2028	4,39%	-0,29%	-0,29%	-0,29%	1.009	983	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	187.333	84.380
2029	2,98%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.038	1.012	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	220.423	99.390
2030	1,97%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.058	1.032	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	253.513	114.001
2031	1,36%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.070	1.045	0	2	24	2	13	7	0	0	0	0	0	0	286.604	128.010
2032	0,76%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.078	1.053	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	319.695	143.020
2033	0,42%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.083	1.057	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	352.786	158.030
2034	0,19%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.085	1.059	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	385.877	173.039
2035	0,03%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.085	1.060	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	418.968	188.048
2036	-0,08%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.084	1.059	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	452.059	203.057
2037	-0,15%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.082	1.057	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	485.150	218.066
2038	-0,20%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.080	1.055	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	518.241	233.075
2039	-0,23%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.078	1.053	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	551.332	248.084
2040	-0,26%	-0,30%	-0,30%	-0,30%	1.075	1.050	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	584.423	263.093
2041	-0,27%	-0,31%	-0,31%	-0,31%	1.072	1.047	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	617.514	278.102
2042	-0,29%	-0,31%	-0,31%	-0,31%	1.069	1.044	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	650.605	293.111
2043	-0,29%	-0,31%	-0,31%	-0,31%	1.066	1.041	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	683.696	308.120
2044	-0,30%	-0,31%	-0,31%	-0,31%	1.063	1.038	0	2	23	2	13	7	0	0	0	0	0	0	716.787	323.129

Fuente: Elaboración propia

3.4. ESTUDIOS DE SUELOS

En el marco del proyecto, se llevó a cabo un estudio de suelos mediante la evaluación del Índice de Soporte California (CBR) a lo largo de la vía, específicamente en los kilómetros 3, 6 y 9. Estos puntos fueron seleccionados estratégicamente para obtener una comprensión detallada de las condiciones del suelo a lo largo del tramo de interés. Los resultados obtenidos revelaron variaciones significativas en los valores de CBR, con los resultados más desfavorables registrados

en los kilómetros 6 (7.5 %), como podemos observar en el anexo de cálculo de CBR. A pesar de estas diferencias, el CBR se estableció en 7.5%, indicando una capacidad de soporte del suelo moderada y para las características de la vía de cuarto orden un suelo donde se puede realizar el proyecto.

3.5. DISEÑO GEOMETRICO

El presente estudio vial inicia desde la abscisa 6+420 hasta la abscisa 8+560 KM de la vía Girón – Curiquingue, que, de acuerdo con el levantamiento topográfico realizado y la clasificación orográfica del terreno, este se encuentra en la categoría de accidentado o escarpado con pendientes de hasta 28%

3.5.1. VELOCIDAD DE DISEÑO

Teniendo en cuenta parámetros establecidos en la sección 2.2.1 y los datos obtenidos del TPDA, el MTOP recomienda las siguientes consideraciones para el diseño, la cual se muestra en la tabla 19.

Tabla 19.
Valores recomendados para el diseño de carreteras de 2 carriles.

	CLASE I 3000 - 6000 TPDA						CLASE II 1000 - 3000 TPDA						CLASE III 300 - 1000 TPDA						CLASE IV 100 - 300 TPDA						CLASE V MENOS DE 100 TPDA								
	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	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	40	70	50	30	70	50	30	60	40	20	60	40	20
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	420	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			
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)	630	490	565	490	565	415	490	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110			
Pavimento	MAXIMO 10%												10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)																				
Coefficiente "K" para:																																	
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	28	24	28	24	15	28	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	5	24	13	10	13	5	3	13	10	5	10	5	3			
Gradiente longitudinal máximo (%)	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 mínimo (%)	0.50%																																
Ancho de pavimento (m)	7.3			7.3			7			6.7			6.7			6			6			6			4								
Clase de pavimento	Carpete Asfáltico - Hormigón						Carpete Asfáltico						Carpete Asfáltico - DT38						DT38 - Capa granular e Empedrado						Capa granular e Empedrado								
Ancho de espaldones estables (m)	3	2.5	2	2.5	2	1.5	3	2.5	2	2.5	2	1.5	2	1.5	1	1.5	1	0.5	0.50 (C.V. Tipo 3 y 7)						-								
Gradiente transversal para pavimento (%)	2						2						2						4														
Gradiente transversal para espaldones (%)	2-4						2-4						2-4						4.0 (C.V. Tipo 3 y 3E)														
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																
Carga de diseño	HS - 20 - 44; HS - MOD; HS - 25																																
Puentes	SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																
Ancho de calzada (m)	0.50 m mínimo a cada lado																																
Ancho de Aceras (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																
Mínimo derecho de vía (m)	II - TERRENO PLANO 3 - TERRENO ONDULADO 4 - TERRENO MONTAÑOSO																																
<p>1) El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 - 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esto serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno - Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.</p> <p>2) Longitud de las curvas verticales: L = K/A, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales: L min = 0.60 V, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.</p> <p>3) En longitudes cortas menores a 500 m, se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.</p> <p>4) Se puede adaptar una gradiente longitudinal de 2% en rellenos de 1 m, a 6 m, de altura, previo análisis y justificación.</p> <p>5) Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0.50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.</p> <p>6) Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.</p> <p>7) En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, usense dos aceras completas de 1.20 m de ancho.</p> <p>8) Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.</p> <p>9) Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar VD = 30 Km/h y S = 15 m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).</p>																																	

Fuente: (MTOP, 2003)

De acuerdo con estas consideraciones, se empleó una velocidad de diseño de 40 km/h.

3.5.2. ANCHO DE CALZADA

La Normativa MTOP 2003 propone distintas medidas para las secciones transversales, las cuales deben adaptarse de acuerdo con la previsión de tráfico y las características del terreno, según se especifica en la Tabla correspondiente.

Tabla 20.
Ancho de calzada mínimo recomendado.

Anchos de la Calzada		
Clase de Carretera	Ancho de la Calzada (m)	
	Recomendable	Absoluto
R - I o R - II > 8000 TPDA	7,30	7,30
I 3000 - 8000 TPDA	7,30	7,30
II 1000 - 3000 TPDA	7,30	6,50
III 300 - 1000 TPDA	6,70	6,00
IV 100 - 300 TPDA	6,00	6,00
V menos de 100 TPDA	4,00	4,00

Fuente: (MTOP, 2003)

De acuerdo con el TPDA obtenido, y teniendo en consideración que la vía actualmente se encuentra trazada, se opta por mantener los 6m de ancho.

3.5.3. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

Esta velocidad depende de la velocidad de diseño (40 km/h), y el volumen de tránsito intermedio, que en este caso es de 35 km/h.

Tabla 21.
Velocidad de circulación.

25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: Elaboración propia basada en la tabla de velocidad de la AASHTO.

Utilizando la ecuación de la AASHTO nos da una velocidad de circulación de 38.5 km/h

$$V_c = 0.8V_d + 6.5$$

$$V_c = 0.8 * 40 + 6.5 = 38.5$$

En el caso de nuestro estudio de utilizar lo que nos establece la tabla de la MTOP que es de 35km/h. Como podemos ver en la tabla 21. Para realizar el diseño se tomó en cuenta la velocidad de 40 km/h.

3.5.4. DISEÑO HORIZONTAL

Coeficiente de fricción lateral (f). Este coeficiente de acuerdo con Salgado, (1989, p. 235), se basa en varios aspectos como: la condición y tipo de superficie de la carretera, la humedad presente en el pavimento, el desgaste de las llantas, la presión de los neumáticos, la velocidad de desplazamiento y, por último, la inclinación de la vía.

Usando el diagrama del MTOP 2003 calculamos el valor del coeficiente de fricción en base a la velocidad de diseño la cual nos da un valor de 0.23 la cual usaremos para nuestro proyecto.

Ilustración 16.

Coeficiente de fricción lateral para proyectos a diferentes velocidades.

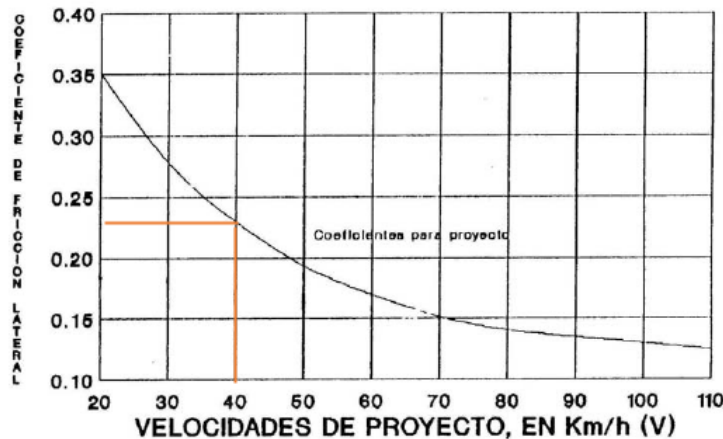


Fig. V.4 COEFICIENTES DE FRICCIÓN LATERAL PARA PROYECTO A DIFERENTES VELOCIDADES

Fuente: (MTOP, 2003)

El Peralte (e) La MTOP, 2003 sugiere mantener un peralte máximo del 10% en carreteras de dos carriles con superficies de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada, cuando las

velocidades de diseño superan los 50 km/h. Para caminos con capa granular de rodadura, como los caminos vecinales tipo 4, 5 y 6, y velocidades de hasta 50 km/h, se aconseja un peralte máximo del 8%.

El radio mínimo de curvatura (R) Adoptado el valor de $e = 8\%$, Calculamos el valor del radio mínimo requerido en nuestro proyecto.

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

$$R_{min} = \frac{40^2}{127 * (0.08 + 0.23)} = 40.6 = 41m$$

$$G_c = \frac{\text{Grado de curvatura}}{41}$$

$$G_c = \frac{1145.92}{41}$$

$$G_c = \frac{1145.92}{41} = 27^\circ 56'$$

Distancia de visibilidad de parada. Esta depende de las distancias d_1 y d_2 , estas dos medidas hacen referencia al tiempo que se tarda el conductor en percibir y reaccionar, así como a la distancia que recorre el vehículo durante el proceso de frenado. Para este cálculo se tomó la pendiente crítica más pronunciada que es de 31.83%.

$$D = d_1 + d_2 \quad d_1 = 0.6944V_c \quad d_2 = \frac{V_c^2}{254 * (f \pm G)}$$

$$D = 0.6944V_c + \frac{V_c^2}{254 * (f \pm G)}$$

G= Pendiente dividida entre 100

$$D = 0.6944 * 35 + \frac{35^2}{254 * (0.396 + \frac{28.49}{100})} = 33.67m = 34m$$

Distancia de visibilidad de rebasamiento utilizando la fórmula de MTOP, 2003 tenemos:

$$D_r = 9.54V_c - 218$$

$$D_r = 9.54 * 35 - 218 = 115.9m = 116m$$

3.5.5. DISEÑO VERTICAL

Utilizando el programa civil 3D se calcularon las curvas verticales tanto cóncavas como convexas, en base a los parámetros detallados en el capítulo 2.2.4, tomando en cuenta una velocidad de 40 km/h. Los resultados de este análisis se muestran en la tabla 22.

Tabla 22.
Diseño de curvas verticales y convexas.

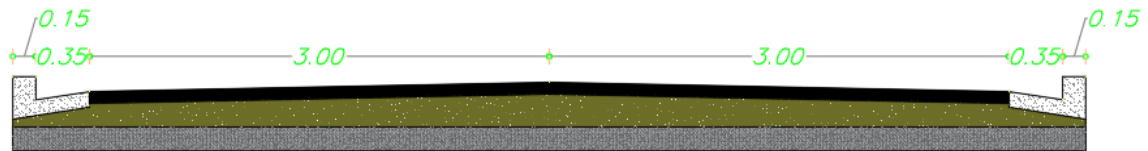
DISEÑO DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS - CONCAVAS												
CURVA	PVI	ALTURA	PENDIENTE m	PENDIENTE n	TIPO DE CURVA	A	RADIO	RADIO	COEF. K	L. CURVA	EV	Y
1	148.77	2467.45	10.05%	5.08%	CONVEXA	4.97%	1823.72	1824	18.237	90.64	0.5631	0.000
2	306.86	2475.474	5.08%	-11.25%	CONVEXA	16.33%	713.461	713	7.135	116.51	2.3784	0.001
3	464.38	2457.759	-11.25%	26.23%	CONCAVA	37.48%	378.9	379	3.789	142.01	6.6532	0.001
4	617.63	2497.956	26.23%	3.37%	CONVEXA	22.86%	211.409	211	2.114	48.33	1.3809	0.002
5	676.01	2499.925	3.37%	-9.31%	CONVEXA	12.68%	417.262	417	4.173	52.91	0.8387	0.001
6	735.73	2494.363	-9.31%	12.26%	CONCAVA	21.57%	231.832	232	2.318	50.00	1.3481	0.002
7	846.36	2507.93	12.26%	26.09%	CONCAVA	13.83%	606.019	606	6.06	83.81	1.4489	0.001
8	973.36	2541.058	26.09%	-19.50%	CONVEXA	45.59%	200.376	200	2.004	91.36	5.2065	0.002
9	1043.9	2527.301	-19.50%	-1.02%	CONCAVA	18.48%	170.228	170	1.702	31.45	0.7266	0.003
10	1152.61	2526.193	-1.02%	-17.29%	CONVEXA	16.27%	306.365	306	3.064	49.85	1.0139	0.002
11	1301.56	2500.443	-17.29%	3.03%	CONCAVA	20.32%	778.661	779	7.787	158.23	4.0191	0.001
12	1405.24	2503.58	3.03%	8.25%	CONCAVA	5.22%	644.316	644	6.443	33.63	0.2195	0.001
13	1580	2518	8.25%	22.60%	CONCAVA	14.35%	223.996	224	2.24	32.14	0.5766	0.002
14	1655.22	2535	22.60%	11.50%	CONVEXA	11.1%	233.809	234	2.338	25.95	0.3601	0.002
15	1768.28	2548	11.50%	20.21%	CONCAVA	8.71%	761.26	761	7.613	66.31	0.7219	0.001
16	1818.85	2558.219	20.21%	10.64%	CONVEXA	9.57%	197.085	197	1.971	18.86	0.2256	0.003
17	1925.97	2569.62	10.64%	-4.05%	CONVEXA	14.69%	437.808	438	4.378	64.31	1.1809	0.001
18	2025.62	2565.579	-4.05%	4.90%	CONCAVA	8.95%	1145.223	1145	11.452	102.50	1.1467	0.000

Fuente: Elaboración propia

3.5.6. SECCIÓN TRASVERSAL

Según lo señalado por Agudelo (2002), una sección transversal se logra al realizar un corte vertical en el diseño horizontal de una carretera, revelando las dimensiones y la disposición de los elementos que conforman la vía en un punto concreto. Además, suministra detalles sobre la pendiente de los taludes de excavación y relleno. Para nuestro estudio la sección típica adoptada es el siguiente que se encuentra plasmada en la ilustración 18.

Ilustración 17.
Sección Transversal.

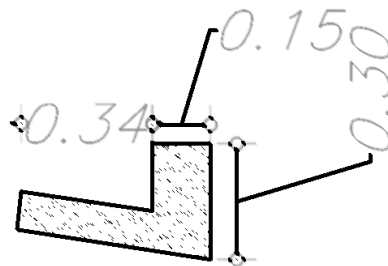


Fuente: Elaboración propia

3.5.7. CUNETAS

Las cunetas juegan un papel fundamental en el diseño de carreteras al proporcionar un sistema de drenaje eficiente. Su función principal consiste en recolectar y canalizar el agua de lluvia fuera de la carretera, previniendo así la acumulación de agua en la superficie de la vía. Este proceso contribuye a evitar problemas como inundaciones, erosión del suelo y daños al pavimento, lo que mejora la seguridad y durabilidad de la carretera. El MTOP 2003, sugiere la instalación de cunetas con una profundidad superior a los 30 cm, y un revestimiento mínimo de 10 cm de espesor.

Ilustración 18.
Dimensiones de cuneta



Fuente: Elaboración propia

La normativa NEVI 2012 indica que los flujos de diseño para el drenaje de la plataforma se calcularán utilizando el método racional, con un tiempo de concentración mínimo de 10 minutos y un periodo de retorno equivalente a 25 años.

Dado que Girón carece de una estación meteorológica propia, se ha optado por utilizar los datos de una estación cercana, en este caso, la estación M0208 Río Soldado. Estos datos fueron recopilados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), que ha llevado a cabo estudios en todo el país y proporciona información sobre las curvas IDF. En consecuencia, de acuerdo con los datos proporcionados por la INAMHI, podemos adoptar un valor de intensidad máxima de 86.8 mm/h.

3.6. DISEÑO DE PAVIMENTOS

Para este diseño se toma en cuenta el Diseño de pavimento flexible de la AASHTO, por lo que como datos principales necesitamos la velocidad de diseño, el CBR (california bearing ratio) cuyo valor es de 7.5 obtenidos del estudio del suelo las mismas que se encuentran adjuntos en anexos, y la proyección del número vehicular que soportara después de 20 años que se realizó el diseño.

Tabla 23.
Datos iniciales para el diseño de pavimento.

Datos iniciales		
CBR =	7.5	%
W18=	322486	Hab
V =	40	km/h

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se debe realizar el diseño empezando a calcular el módulo resiliente para el primer coeficiente estructural, que se obtiene de la fórmula de Heuken y Forster

$$M_r = 1500 * CBR [Psi], \text{ para } CBR < 10 \%$$

Realizando este cálculo se obtuvo un $M_r = 870228$ Psi. Para el módulo de elasticidad según el plan de ordenamiento territorial del cantón Girón tenemos que la temperatura promedio es de 15 °C y según el tipo de rodadura a esa temperatura y la velocidad de diseño obtenemos un $E = 6000$ Mpa realizando su respectiva conversión tenemos un módulo de elasticidad de 870228 Psi. De esta forma y con los datos de las especificaciones técnicas de la MTOP para CBR de bases mayores o igual al 80% y para CBR de sub bases mayor o igual al 30% podemos determinar las relaciones que se encuentra el módulo de resiliente con el módulo de elasticidad y poder determinar los coeficientes estructurales aplicando las siguientes formulas.

$$a_1 = 0.184 * \ln(E_1) - 1.9547$$

$$a_2 = 0.249 * \ln(E_2) - 0.977$$

$$a_3 = 0.227 * \ln(E_3) - 0.839$$

Continuando con el proceso debemos de obtener los niveles de serviciabilidad dependiendo del tipo de pavimento y el tipo de vía que se construirá obteniendo los factores $P_o = 4.2$ que corresponde a un asfalto y un $P_t = 2.2$ que corresponde a una carretera colectora, además obteniendo un nivel de confiabilidad $R = 90 \%$. Debido a que se trata de una construcción nueva el error combinado $S_o = 0.45$.

Realizando un análisis a la calidad del drenaje con el tiempo que tarda el agua en ser evacuada se clasifico como bueno obteniendo las condiciones $m_2, m_3 = 1$.

Se realizo el cálculo de los números estructurales con la ecuación general de la AASHTO, de esta forma se calcularon los espesores de la carpeta asfáltica, base y sub base. De igual manera se realizó el retro calculo para corregir los espesores con lo mínimo que nos da la AASHTO, como podemos observar en el anexo de diseño de pavimento flexible.

3.8. EVALUACION DEL ALCANTARILLADO

Después de realizar una exhaustiva evaluación del sistema de alcantarillado, se puede concluir que, en su mayoría, la estructura de cabezal y caja se encuentra en buen estado. La inspección visual reveló que la mayoría de las secciones exhiben condiciones satisfactorias, sin evidencia aparente de daños estructurales significativos. Aunque se identificaron algunas obstrucciones en ciertas áreas, estas parecen ser de naturaleza menor y pueden ser abordadas con medidas de mantenimiento y limpieza adecuadas. De igual manera la circulación general del sistema es buena, con áreas obstruidas que representan un impacto limitado en el rendimiento. La implementación de medidas correctivas, como la limpieza y eliminación de obstrucciones, parece ser suficiente para restaurar la funcionalidad normal en esas secciones. En resumen, a pesar de

algunos problemas localizados, el sistema de alcantarillado en su conjunto se encuentra en buen estado, y se recomienda seguir un programa de mantenimiento. Se puede visualizar el estado como se encuentran en el anexo de registro de alcantarillas.

3.9 PRESUPUESTO

El presupuesto de la vía girón curiquingue de la abscisa 6+420 hasta la abscisa 8+560 km, perteneciente al cantón Girón, provincia de Azuay es de un total de ochocientos sesenta y siete mil quinientos setenta y ocho con 54/100 dólares. Para determinar los detalles del proyecto es necesario realizar un cálculo de cantidades de obra tomando en cuenta un 5% adicional por incertidumbres como podemos observar en la tabla 24. Seguidamente se realiza el calculo de presupuesto con sus APUS actualizados al año presente como podemos observar en la tabla 25.

De igual manara se realizó el cálculo de la formula polinómica como podemos ver en la tabla 26.

Tabla 24.
Cantidades de Obra.

Cantidades de Obra		
Detalle	Cantidad	Unidad
Longitud vial	2140	m
Ancho de carretera	6	m
Área	12840	m ²
Espesor carpeta asfáltica	0.0762	m
Espesor base	0.1524	m
Espesor sub base	0.1524	m
Espesor total	0.381	m
Escombrera	17.49	km
Volumen total de Corte	6751.5	m ³
Volumen total de Relleno	6208.6	m ³
Área cuneta	0.125	m ²
Volumen de cunetas	561.75	m ³
Replanteo	2247	m
Excavación maquina	14352.4395	m ³
Excavación manual	71.7621975	m ³
Cargado de material	18751.4622	m ³
Transportar	18751.4622	m ³

Sobre acarreo	215454.301	m3-km
Subrasante	13482	m2
Pedraplén	134.82	m3
Mejoramiento	8474.739	m3
Sub base	2054.6568	m3
Base Clase II	2054.6568	m3
Imprimación	13482	m2
Carpeta Asfáltica	13482	m2
Señalización vertical	6	u
Pintura	6420	m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25.
Presupuesto para la vía Girón Curiquingue

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		OBRAS PRELIMINARES				142,082.30
1.1	500004	Replanteo y nivelación de vías	ml	2,140.00	1.27	2,717.80
1.2	500010	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	13,668.99	1.99	27,201.29
1.3	500014	Excavación manual material sin clasificar	m3	68.34	12.53	856.30
1.4	500001	Cargado de material con cargadora	m3	17,858.54	1.37	24,466.20
1.5	500002	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	17,858.54	2.22	39,645.96
1.6	500003	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-km	205,194.57	0.23	47,194.75
2		ESTRUCTURA VIAL				532,618.59
2.1	500005	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	12,840.00	1.31	16,820.40
2.2	500006	Pedraplén, conformación y compactación con equipo pesado	m3	128.40	25.01	3,211.28
2.3	500007	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	8,071.18	25.28	189,269.17
2.4	500040	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	1,956.82	31.93	58,097.99
2.5	500041	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	1,956.82	35.93	70,308.54
2.6	500011	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	12,840.00	1.27	15,664.80
2.7	500039	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	12,840.00	14.59	179,246.40
3		DRENAJE VIAL				86,898.08
3.1	512005	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	280.50	10.21	2,863.91
3.2	507003	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm2	m3	561.00	128.53	72,105.33
3.3	513040	Encofrado metálico para cunetas	m	2,140.00	4.62	9,886.80
3.4	504019	Excavación mecánica, zanja 0-2m, material sin clasificar, cuchara de 40cm	m3	561.00	3.64	2,042.04
4		SEÑALIZACION				11,164.56

4.1	500018	Señalización vertical	u	6.00	120.93	892.56
4.2	500019	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15cm	ml	6,420.00	2.00	10,272.00
5		MITIGACION DE IMPACTOS AMBIENTALES				1,860.18
5.1	500028	Letrero metálico de información del Proyecto	u	2.00	484.84	969.68
5.2	500020	Señalización con cinta	ml	200.00	0.23	46.00
5.3	500021	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	20.00	6.46	129.20
5.4	500022	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	50.00	0.29	14.50
5.5	500023	Difusión Social	global	1.00	700.80	700.80
SUBTOTAL						774,623.70
IVA 12 %						92,954.84
TOTAL						867,578.54
Son:	OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS SETENTA Y OCHO CON 54/100 DÓLARES					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26.
Calculo formula polinómica.

Proyecto vial Girón Curiquingue del Km 6+420 al km 8 +560						
FÓRMULA POLINÓMICA						
Término	Descripción			Costo Directo	Coeficiente	
B	Cuadrilla Tipo			122,540.63	0.133	
C	Combustibles (O)			39,680.77	0.043	
E	Equipo y maquinaria de Construcción vial			136,204.78	0.148	
G	Betún petróleo (Asfalto) (O)			74,864.79	0.082	
P	Materiales pétreos (Azuay)			429,528.71	0.469	
R	Repuestos para maquinaria de construcción			68,102.39	0.074	
X	Índice de Precios al Consumidor Urbano			47,074.03	0.051	
Totales:				917,996.10	1.000	
PR = P0 (0.13300 B1/B0 + 0.04300 C1/C0 + 0.14800 E1/E0 + 0.08200 G1/G0 + 0.46900 P1/P0 + 0.07400 R1/R0 + 0.05100 X1/X0)						
CUADRILLA TIPO						
Término	Descripción	Salario Ley 2023	Salario Efectivo	Horas Hombre	Costo Directo	Coeficiente
401	Estructura Ocupacional E2	4.05	4.05	13674.7654	55,382.80	0.467
402	Estructura Ocupacional D2	4.16	4.16	968.21875	4,027.79	0.039
403	Estructura Ocupacional C2	4.33	4.33	464.108545	2,009.59	0.018
404	Topografía	4.55	4.55	106.617582	485.11	0.004
405	Estructura Ocupacional C1 (Grupo I)	4.55	4.55	2942.29231	13,387.43	0.115
406	Estructura Ocupacional C2 (Grupo II)	4.33	4.33	895.443418	3,877.27	0.035
407	Choferes Profesionales	5.95	5.95	3354.4958	19,959.25	0.131
408	Estructura Ocupacional C1	5.95	5.95	4870.63866	28,980.30	0.191
Totales:				27,276.58	128,109.54	1.000

CONCLUSIONES

El diseño geométrico se realizó bajo las especificaciones técnicas de la MTOP 2003 y de la ASSHTO. De esta forma asegurando el trazado vial con una velocidad de diseño de 40 km/h y volumen de tránsito intermedio de 35 km/h y adoptando como peralte al 8%, pero debido a la presencia de curvas altamente pronunciadas con radios inferiores a las recomendaciones del Manual del MTOP. En especial la del Km 6+420.94 y con relación a los planos el km 0+940.37, la cual a más de ser pronunciada posee una pendiente de 31.83% y un radio de curvatura de 35m estando por debajo del radio mínimo que es de 41m, pero por ser una vía ya estructurada y no se han registrado accidentes de tránsito se mantuvo la rasante para no realizar cortes y rellenos exagerados que incrementarían significativo del presupuesto.

Se realizó una proyección de tráfico para 20 años y se obtuvo un TPDA 435 vehículos, de igual manera se catalogó como una vía de IV clase. De esta manera se diseñó una sección típica de 6 metros de ancho.

Se realizó un estudio para determinar las propiedades del suelo obteniendo un CBR promedio del 7.5%, es decir una subrasante en buen estado y recomendado por la literatura para aplicar el diseño de pavimentos por la ASSHTO 93.

El diseño de pavimentos se conformó por una capa de pavimento asfáltica de 3 in, un espesor de 6 in para la base y sub base respectivamente.

RECOMENDACIONES

El conteo vehicular debe ser realizado de manera exhaustiva y con precisión para comprender el volumen y la composición del tráfico, lo que facilitará la planificación eficiente del diseño vial.

Se sugiere llevar a cabo una revisión y rediseño de la carretera, especialmente en las zonas donde la pendiente es considerablemente elevada 6+420.94 y con relación a los planos el km 0+940.37. Ya que esta vía puede constituirse una salida eficiente a la Panamericana Sur, mejorando así la conectividad entre los cantones Nabón y Girón.

Se sugiere realizar una evaluación detallada del sistema de drenaje actual de la vía para abordar posibles problemas y asegurar un adecuado manejo de las aguas pluviales.

Dada la importancia del turismo potencial alrededor de la laguna Curiquingue, se recomienda incorporar elementos de diseño que promuevan la sostenibilidad y la accesibilidad para los visitantes.

La seguridad vial debe ser una consideración clave en el diseño, incluyendo la señalización adecuada y medidas para prevenir accidentes, por lo tanto Es vital incorporar señalización, ya que el tipo de terreno y el diseño actual de la carretera presentan un desafío significativo para los conductores, quienes transitan por estas vías expuestas a peligros constantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (1993). Diseño de estructuras de pavimentos.
- Agudelo, J. J. (2002). Diseño geométrico de vías ajustado al manual colombiano. *Textos Univ*, 531.
- Aguirre Beltrán, B. G., & Guerra Pozo, D. J. (2023). *Aplicación de la norma de diseño geométrico MOP 2003 en el programa Civil 3D utilizado en el diseño vial en Ecuador*.
- Balcázar Vargas, J. E., & Pachacama Molina, A. J. (2023). *Diseño geométrico y estructural de la vía Agustín Albán Borja (s42) desde la abscisa 0+ 020 hasta la abscisa 2+ 600, ubicada en la parroquia Chillogallo, cantón Quito, provincia Pichincha*.
- García García, A., Pérez Zuriaga, A. M., & Camacho Torregrosa, F. J. (2012). *Introducción al diseño geométrico de carreteras: Concepción y planteamiento*.
- Giron, G. A. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2023. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2023*. Giron, Azuay, Ecuador.
- Grisales, J. C. (2015). *Diseño geométrico de carreteras*. Ecoe Ediciones.
- INAMHI. (2015). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación.
- INEN. (2011). Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, Ecuador*.
- Mena, P. M. L. (2022). "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA DE 5.3 KM QUE UNE LAS COMUNIDADES LUSHANTA – ARDILLA URKU PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SAN PABLO DE USHPAYACU EN EL CANTÓN ARCHIDONA DE LA PROVINCIA DE NAPO".

Montejo Fonseca, A. (2002). Ingeniería de pavimentos para Carreteras tomo I. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.

MOP, 2003. (s.d.). Normas de Diseño Geométrico-MOP.(2003). Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes VOLUMEN, 2 (3).

NEVI-12. (2013). Normas para estudios y diseños viales volumen n°2. Quito: ministerio de transporte y obras publicas del ecuador.

Pesantez Gonzáles, C. A. (2018). Diseño geométrico y de pavimento de la Vía El Calvario-Corazón de Jesús-Cinco Esquinas desde La Abscisa 3+ 900 hasta la 5+ 800, Parroquia Turi. Universidad Católica de Cuenca. Carrera de Ingeniería Civil.

Tolosa Pérez, S. A. (s.d.). Análisis comparativo de los criterios de diseño geométrico de intersecciones a desnivel, bajo las normas técnicas de Colombia, Ecuador y Estados Unidos.

Villalba Sánchez, N. (2015). Topografía Aplicada. Editorial Macro.

Wazhima, C. G. (2022). Diseño geométrico y diseño de la estructura de pavimento de la vía de acceso a Yunquil, entre las abscisas 4+251 hasta 9+205 km, del canton de saraguro de la provincia de Loja. Cuenca , Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

ANEXOS