



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DEL TRAZADO GEOMÉTRICO EN CARRETERAS DE  
MONTAÑA EN LA VÍA SAN TINTIN - PORVENIR, CANTÓN CHILLA,  
PROVINCIA DE EL ORO**

**NAGUA NAGUA MARIA FERNANDA  
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN DEL TRAZADO GEOMÉTRICO EN  
CARRETERAS DE MONTAÑA EN LA VÍA SAN TINTIN -  
PORVENIR ,CANTÓN CHILLA, PROVINCIA DE EL ORO**

**NAGUA NAGUA MARIA FERNANDA  
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**EVALUACIÓN DEL TRAZADO GEOMÉTRICO EN  
CARRETERAS DE MONTAÑA EN LA VÍA SAN TINTIN -  
PORVENIR, CANTÓN CHILLA, PROVINCIA DE EL ORO**

**NAGUA NAGUA MARIA FERNANDA  
INGENIERA CIVIL**

**SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO**

**MACHALA  
2024**

# TRABAJO\_TITULACION\_NAGUA\_REVISADO.2

**4%**  
Textos sospechosos



**4% Similitudes**  
0% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas  
**3% Idiomas no reconocidos (ignorado)**

Nombre del documento: TRABAJO\_TITULACION\_NAGUA\_REVISADO.2.docx  
ID del documento: 084b57eca90c6f5ecd7471d8fe3adc3c96955660  
Tamaño del documento original: 8,24 MB  
Autores: []

Depositante: Sanchez Mendieta Carlos Eugenio  
Fecha de depósito: 7/2/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 7/2/2025

Número de palabras: 16.515  
Número de caracteres: 103.409

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas


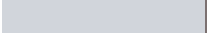

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://www.goraymi.com">www.goraymi.com</a>   Chilla <a href="https://www.goraymi.com/es-ec/el-oro/chilla/ciudades/chilla-ab617f030">https://www.goraymi.com/es-ec/el-oro/chilla/ciudades/chilla-ab617f030</a> 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (134 palabras)
2	<a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23056/1/MORQUECHO_ARICHAVALA_ALFR...">repositorio.utmachala.edu.ec</a> <a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23056/1/MORQUECHO_ARICHAVALA_ALFR...">https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23056/1/MORQUECHO_ARICHAVALA_ALFR...</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (71 palabras)
3	<b>TESIS FINAL FINAL CORREGIDO ultimo.docx</b>   TESIS FINAL FINAL CORREGID... #d3d55f El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
4	<a href="https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html_v12n2/art004.html">ingenieria.ute.edu.ec</a>   Delgado Martínez, Medina García, Ulate Zárate, and García D... <a href="https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html_v12n2/art004.html">https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html_v12n2/art004.html</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
5	<a href="https://scholar.google.com/citations?user=1IExR7EAAA&amp;hl=en">scholar.google.com</a>   Jaydip Goyani - Google Scholar <a href="https://scholar.google.com/citations?user=1IExR7EAAA&amp;hl=en">https://scholar.google.com/citations?user=1IExR7EAAA&amp;hl=en</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas






N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://www.mdpi.com/2412-3811/7/9/112/notes">www.mdpi.com</a>   Infrastructures   Free Full-Text   Mountain Roads&rsquo; Geomet... <a href="https://www.mdpi.com/2412-3811/7/9/112/notes">https://www.mdpi.com/2412-3811/7/9/112/notes</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
2	<a href="https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/user/setLocale/es_ES?source=/index.php/rcc/article/view...">rcc.cujae.edu.cu</a> <a href="https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/user/setLocale/es_ES?source=/index.php/rcc/article/view...">https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/user/setLocale/es_ES?source=/index.php/rcc/article/view...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
3	<a href="https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12518-023-00490-2.pdf">link.springer.com</a>   A GIS-based approach for accident hotspots mapping in mounta... <a href="https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12518-023-00490-2.pdf">https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12518-023-00490-2.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
4	<a href="https://es.slideshare.net/FabinPazmioSalazar/01-122013-manualnevi12volumen1">es.slideshare.net</a>   01 12-2013 manual-nevi-12_volumen_1   PDF <a href="https://es.slideshare.net/FabinPazmioSalazar/01-122013-manualnevi12volumen1">https://es.slideshare.net/FabinPazmioSalazar/01-122013-manualnevi12volumen1</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
5	<a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/20659/1/JAIRO_VASQUEZ_VARGAS.pdf">repositorio.utmachala.edu.ec</a> <a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/20659/1/JAIRO_VASQUEZ_VARGAS.pdf">https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/20659/1/JAIRO_VASQUEZ_VARGAS.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)

**Fuentes ignoradas** Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/download/198/133/1705">rcc.cujae.edu.cu</a> <a href="https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/download/198/133/1705">https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/download/198/133/1705</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (142 palabras)
2	<a href="https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/download/198/133/1705">rcc.cujae.edu.cu</a> <a href="https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/download/198/133/1705">https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/download/198/133/1705</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (142 palabras)
3	<a href="https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/download/198/133/1705">rcc.cujae.edu.cu</a> <a href="https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/download/198/133/1705">https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/download/198/133/1705</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (142 palabras)
4	<a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23056/1/MORQUECHO_ARICHAVALA_ALFR...">repositorio.utmachala.edu.ec</a> <a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23056/1/MORQUECHO_ARICHAVALA_ALFR...">https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23056/1/MORQUECHO_ARICHAVALA_ALFR...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (71 palabras)
5	<a href="https://doi.org/10.3390/app9112320">doi.org</a>   Road Infrastructure Analysis with Reference to Traffic Stream Characteristic... <a href="https://doi.org/10.3390/app9112320">https://doi.org/10.3390/app9112320</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (47 palabras)
6	<a href="https://doi.org/10.62305/alcon.v4i5.334">doi.org</a>   Diseño geométrico de vías urbanas en la lotización María José, cantón Jipija... <a href="https://doi.org/10.62305/alcon.v4i5.334">https://doi.org/10.62305/alcon.v4i5.334</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (45 palabras)

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
7	 <b>doi.org</b> <a href="https://doi.org/10.22206/cyap.2021.v4i1.pp7-23">https://doi.org/10.22206/cyap.2021.v4i1.pp7-23</a>	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	 <a href="https://doi.org/10.1080/23311916.2021.2004672">https://doi.org/10.1080/23311916.2021.2004672</a>
2	 <a href="https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100188">https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100188</a>
3	 <a href="https://doi.org/10.1080/17538947.2021.1988163">https://doi.org/10.1080/17538947.2021.1988163</a>
4	 <a href="https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2145874">https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2145874</a>
5	 <a href="https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0001271">https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0001271</a>



## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL


La que suscribe, NAGUA NAGUA MARIA FERNANDA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DEL TRAZADO GEOMÉTRICO EN CARRETERAS DE MONTAÑA EN LA VÍA SAN TINTIN - PORVENIR, CANTÓN CHILLA, PROVINCIA DE EL ORO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



---

NAGUA NAGUA MARIA FERNANDA

0705246809

UNIVERSITAS  
MAGISTRORUM  
ET SCHOLARUM

## **DEDICATORIA**

A Dios y a la Virgen de Chilla, por ser mi guía y fuerza en cada paso en este camino, iluminando mis pensamientos y dándome la sabiduría necesaria para sobrellevar cada desafío. A Mis padres José Nagua y Carmen Nagua, quien con su amor incondicional me enseñaron los valores que hoy me acompañan en cada logro. A mis hermanos, familiares, amigos y allegados los cuales siempre estuvieron a mi lado, dándome ánimos y brindándome su apoyo durante mi carrera de estudio.

A todos Ustedes, este proyecto de titulación es el reflejo de su amor, enseñanza y compañía.

Fernanda Nagua

## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento de forma especial a Dios y la Virgen de Chilla, quien me ha brindado salud, vida y conocimiento a lo largo de todo este camino con altos y bajos, pero él no ha permitido que desmaye a lo largo de este recorrido, así permitiéndome culminar una de mis metas tan anheladas y por brindarme la dicha de llenar de orgullo a mis padres, José Desiderio Nagua Ñaguazo y Carmen Ibelia Nagua Quishpe , a los cuales les agradezco por haberme brindado su amor , compromiso, apoyo y sacrificio desde el día que nací hasta la actualidad, así logrando formar una persona con los valores fundamentales bien puestos, los que hoy me permiten seguir adelante con determinación.

También agradezco por el apoyo brindado a mis hermanos: Joselito, Fanny, Manuel, Lourdes y Patricio, quienes en momentos de duda no creían en mí, pero hoy, gracias a mi esfuerzo y dedicación, se sienten orgullosos de este logro alcanzado. Al Cbop. de la Policía Nacional Darío Tocto quien en su momento fue mi compañero de vida y a pesar de que nuestros caminos tomaron rumbos diferentes, él fue la única persona que creyó en mí a lo largo de estos años que parecían infinitos, me acompañó en el proceso y me dio aliento para que llegue a ser una profesional. Le agradezco por los momentos compartidos, por los aprendizajes del día a día y por lo que, a pesar de todo, sigue dejando huella en mí ser que es mi carrera profesional.

A la Universidad Técnica de Machala por abrir sus puertas y así poder formar parte de ella, quien me brindo catedráticos de excelencia a los cuales les quedo agradecida, pero en especial a mi Tutor, Ing. Civ. Carlos Sánchez, que, con su ayuda desinteresada, su dedicación, su paciencia, su apoyo intelectual y académico, fue el pilar fundamental para el proceso de esta tesis tenga una culminación exitosa, por lo cual quedo eternamente agradecida.

En nombre de mi corazón y mi mente, expongo mi sincero agradecimiento a todas y todos aquellos quienes fueron ángeles de luz en los momentos que más necesite y no dejaron que me rindiera ya que contribuyeron de una manera significativa en el trayecto de toda mi carrera universitaria.

Fernanda Nagua



## RESUMEN

El diseño geométrico de una vía es fundamental para garantizar la eficiencia, fluidez y seguridad de los usuarios de la misma, a la vez que permite realizar mejoramientos y adecuaciones, las cuales tienen por objetivo permitir la conectividad entre las comunidades aledañas al sitio de estudio. El objetivo principal de este proyecto de titulación fue evaluar el trazado geométrico de las carreteras de montañas mediante criterios técnicos que permita un eficiente servicio de vialidad en el tramo de Vía San Tin Tin – Porvenir en el cantón Chilla, provincia de El Oro.

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, y de tipo experimental donde se aplicó métodos de investigación de campo y bibliografías que son ase del modelo propuesto, las técnicas usadas fueron de observación y medición. Para este análisis las variables en estudio son: Diseño de curvas cerradas, velocidad de operación (V85), coeficiente de seguridad en curvas, diferencia de velocidad entre elementos, radio mínimo de curvatura horizontal y peralte de curva, las cuales identificaremos y analizaremos a lo largo de los 8.95 km de carretera.

Como resultados de la investigación se obtuvieron las características principales de las curvas cerradas y el tipo de pavimento que en este caso sería solo material afirmado, con esto pudiendo establecer que las condiciones geométricas actuales del tramo vial en estudio no cumplen con los requerimientos mínimos de las especificaciones técnicas establecidas en las normas del país. Se concluye que el tramo de Vía San Tin Tin – Porvenir en el cantón Chilla representa un riesgo para los usuarios de la misma debido a las condiciones en la que se encuentra, por lo que se propone un rediseño en el que se aumente el radio de curvaturas en los datos en estudio, llegando así al margen para cumplir con la normativa, y así resulten beneficiados los usuarios de la carretera.

*Palabras claves:* Diseño geométrico, evaluación, radio mínimo, peralte

## **ABSTRACT**

The geometric design of a road is essential to ensure the efficiency, fluidity and safety of its users, while allowing improvements and adjustments, which aim to allow connectivity between the communities surrounding the study site. The main objective of this degree project was to evaluate the geometric layout of mountain roads using technical criteria that allow an efficient road service in the section of Vía San Tin Tin – Porvenir in the Chilla canton, El Oro province.

The present study has a quantitative approach, and is experimental in nature where field research methods and bibliographies that are the basis of the proposed model were applied, the techniques used were observation and measurement. For this analysis, the variables under study are: Design of closed curves, operating speed (V85), safety coefficient on curves, speed difference between elements, minimum radius of horizontal curvature and curve superelevation, which we will identify and analyze along the 8.95 km of road.

The results of the investigation were obtained from the main characteristics of the sharp curves and the type of pavement, which in this case would be only cement material, with this being able to establish that the current geometric conditions of the road section under study do not meet the minimum requirements of the technical specifications established in the country's regulations. It is concluded that the section of Vía San Tin Tin – Porvenir in the Chilla canton represents a risk for its users due to the conditions in which it is found, so a redesign is proposed in which the radius of curvatures in the data under study is increased, thus reaching the margin to comply with the regulations, and thus benefiting the users of the road.

*Keywords:* Geometric design, evaluation, minimum radius, superelevation

## CONTENIDO

<b>1. Introducción</b> .....	8
Capítulo I: .....	9
<b>2. Planteamiento de problema</b> .....	9
<b>2.1. Línea Base del proyecto</b> .....	9
<b>2.1.1. Población</b> .....	9
<b>2.1.2. Ubicación del cantón Chilla</b> .....	10
<b>2.1.3. Ubicación del área de estudio</b> .....	11
<b>2.1.4. Cobertura de servicio en educación</b> .....	11
<b>2.1.5. Salud</b> .....	12
<b>2.1.6. Climatología</b> .....	13
<b>2.2. Descripción de la situación problemática (Causa y efecto)</b> .....	14
<b>2.3. Formulación del problema: preguntas científicas</b> .....	15
<b>2.4. Delimitación del objetivo de estudio</b> .....	16
<b>2.5. Justificación</b> .....	17
<b>2.6. Objetivos:</b> .....	17
<b>2.6.1. General y Específico</b> .....	17
<b>Capítulo II</b> .....	18
<b>3. Marco teórico</b> .....	18
<b>3.1. Antecedentes contextuales Macro</b> .....	18
<b>3.1.1. Macro</b> .....	18
<b>3.1.2. Meso</b> .....	19
<b>3.1.3. Micro</b> .....	20
<b>3.2. Antecedentes conceptuales</b> .....	21
<b>3.3. Antecedentes referenciales</b> .....	24
<b>Capítulo III</b> .....	26
<b>4. Metodología</b> .....	26
<b>4.1. Modalidad básica de la investigación</b> .....	26
<b>4.2. Tipo de investigación</b> .....	26
<b>4.2.1. Investigación documental</b> .....	26
<b>4.2.2. Investigación de campo</b> .....	27
<b>4.3. Población y muestra</b> .....	27
<b>4.3.1. Población</b> .....	27
<b>4.3.2. Muestra</b> .....	27
<b>4.4. Métodos teóricos y empíricos con los materiales utilizados</b> .....	27
<b>4.5. Técnicas de recolección y procesamiento de la de información</b> .....	30

<b>Capítulo IV</b> .....	<b>32</b>
<b>5. Análisis e interpretación de Resultados</b> .....	<b>32</b>
<b>5.1. Diseño de curvas cerradas</b> .....	<b>32</b>
<b>5.1.1. Características de las curvas cerradas:</b> .....	<b>32</b>
<b>5.2. Radio de curvatura y ángulo de giro</b> .....	<b>34</b>
<b>5.3. Velocidad de operación V85</b> .....	<b>35</b>
<b>5.4. Radio mínimo de curvatura horizontal</b> .....	<b>38</b>
<b>5.5. Peralte de curva</b> .....	<b>40</b>
<b>5.6. Aplicación para Procesamiento de Datos y Validación Estadística</b> .....	<b>42</b>
<b>5.6.1. Análisis y Resultados</b> .....	<b>42</b>
<b>6. Conclusiones</b> .....	<b>49</b>
<b>7. Recomendaciones</b> .....	<b>51</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>51</b>

## TABLAS

Tabla 1: Clasificación de la población de Chilla según edad .....	9
Tabla 2 Predicción de la población de Chilla 2024 .....	10
Tabla 3 Tasa de Analfabetismo Cantonal .....	12
Tabla 4 Árbol de problemas.....	14
Tabla 5 Técnicas de recolección y procesamiento de la información .....	31
Tabla 6 Características de las curvas cerradas .....	33
Tabla 7 Evaluación de Radios Mínimos .....	34
Tabla 8 Modelos para el cálculo de operación en función del trazado en planta. ....	36
Tabla 9 Criterio I de Lamm .....	36
Tabla 10 Evaluación de la consistencia basada en la velocidad de operación en curvas horizontales.....	37
Tabla 11 Evaluación de radio mínimo .....	38
Tabla 12 Evaluación de Peralte .....	40
Tabla 13 Datos recopilados.....	42
Tabla 14 Orden de Curva - No. real de la curva sentido Porvenir - San Tin Tin .....	44
Tabla 15 Resumen de los elementos de la propuesta de rediseño de curvas en horquillas .....	46
Tabla 16 Clasificación de consistencia según la propuesta de rediseño.....	47

## FIGURAS

Figura 1. Mapa Base del cantón Chilla.....	10
Figura 2. Tramo de la vía San Tintín - Porvenir .....	11
Figura 3. Acceso al tramo de la vía San Tintín - Porvenir.....	16
Figura 4 Río Casacay .....	32
Figura 5. Porcentaje de Radio de curvatura y ángulo de giro.....	34
Figura 6. Porcentaje de clasificación de consistencia de V85 .....	36
Figura 7 Radio mínimo de curvatura horizontal .....	39
Figura 8 Peralte de curva .....	41
Figura 9. Dispersión de V85-Vd (km/h).....	45

## ANEXOS

Anexo 1 Capilla ubicada en el Sitio San Tin Tin .....	54
Anexo 2 Río Tambillo- Sector San Tin Tin.....	54
Anexo 3 Río Dumari - Sector San Tin Tin .....	54
Anexo 4 Río Casacay- Sector San Porvenir .....	55
Anexo 5 ESTACIÓN TOTAL SOKKIA CX105 .....	55
Anexo 6 Replanteo con Estación Total.....	55
Anexo 7 Inicio del tramo de Vía San Tin Tin -Porvenir.....	56
Anexo 8. SOUTH GALAXY G3 GPS GNSS RTK .....	56
Anexo 9 Tramo de vía cubierto de maleza .....	57
Anexo 10 Tramo de vía con poca visibilidad .....	57
Anexo 11. Tramo de vía con poco uso .....	58

## **1. Introducción**

La evaluación del trazado geométrico de las carreteras de montaña es fundamental y de gran importancia para garantizar una infraestructura vial segura y eficiente en zonas que tienen accidentes geográficos bastantes pronunciados, en especial en Cantón Chilla ya que sus sectores y parroquias están acentuados en lugares montañosos, por lo cuanto al realizar el análisis del Tramo de Vía San Tintín-Porvenir se trataría disminuir el riesgo de accidentes asociados a curvas peligrosas, o falta de visibilidad, o pendientes pronunciadas entre otros factores, así como también mejoraríamos la capacidad del servicio de la vía haciéndola más transitable y funcional para los usuarios de la misma y la economía local.

El presente trabajo de titulación nos permitirá evaluar el tramo de Vía San Tintín-Porvenir en el cantón Chilla, la cual es imprescindible para la conectividad entre las diferentes comunidades aledañas, aunque en la problemática actual se busca minimizar el riesgo existente contiene curvas, falta de señalización, carriles inadecuados y pendientes muy peligrosas, lo cual ha ocasionado aumentos de tiempo en los viajes hacia el sector, lo cual perjudica el transportes de los diversos productos agrícolas del sector ,

En el primer capítulo se realiza la contextualización de la línea base del proyecto, en la cual vamos a proponer mejoras en las curvas e intersecciones que se encuentran inconsistentes con el diseño ya existente del área de estudio, Vía San Tintín – Porvenir, indicando así que esta carretera permite la conexión entre los cantones de Pasaje y Chilla aunque contenga deficiencias en su diseño geométrico que afectan la eficiencia de la misma y su seguridad vial, continuo a esto se resalta los problemas principales y se plantean las preguntas de índole importante de como el trazado influye en estos ámbitos.

Por otra parte, en el segundo capítulo se presenta el marco teórico el cual abarca los antecedentes contextuales, conceptuales y también referenciales. empezando desde el primer punto en el cual indicamos diferentes referencias internacionales sobre el diseño de carreteras de montaña, así como también enunciamos la importancia de una uniformidad geométrica para obtener una seguridad vial de calidad. A continuación de esto se encuentran las definiciones de los componentes de diseños según varios autores de los diferentes artículos revisados por nuestra parte, estos conceptos nos permitirán analizar de manera técnica el trazado ya existente.



En el tercer capítulo se detalla la metodología utilizada en este estudio, abordando la modalidad y el tipo de investigación; además se describe la población y muestra seleccionada, así como los métodos teóricos y empíricos utilizados.

El cuarto capítulo se enfoca en el análisis e interpretación de los resultados, así como la aplicación de la metodología propuesta. En este contexto, se validó esta metodología aplicada para el caso de estudio del tramo de Via San Tintin – Porvenir, dando como resultado el uso de un software GIS para el diseño correcto de la vía en estudio, así como es la situación de las curvas, y el ancho de carril.

## **Capítulo I:**

### **2. Planteamiento de problema**

#### **2.1. Línea Base del proyecto**

La provincia de El Oro, ubicada en Ecuador cuenta con 67,12% de vías en estado regular, 18,70% en pésimas condiciones y 14;18% en buen estado. El cantón Chilla cuenta con una longitud de 77,17 km de vías que representan el 2,38% del total de vías de la provincia, de la cual 40,38km reciben un mantenimiento periódico y 6,85km un mantenimiento rutinario, siendo este el ultimo valor más bajo de toda la provincia según el Consorcio de Gobiernos Autónomos provinciales del Ecuador en el año 2019.

##### **2.1.1. Población**

La población de este cantón es de 2484 personas 1274 hombres y 1210 mujeres, el mayor número de población se encuentra en edades entre 15 a 65 años con 1317 personas, le sigue población en edades menores de 15 años con 852 personas y personas adultas mayores de 65 años es de 315 personas, esto demuestra que la población es relativamente joven.

*Tabla 1: Clasificación de la población de Chilla según edad*

<b>POBLACION</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<15 AÑOS DE EDAD	34,3%
ENTRE 15 Y 65 AÑOS DE EDAD	53,0%
> 65 AÑOS DE EDAD	12,7%

Fuente: Elaboración Propia

Realizando un análisis comparativo entre los datos del censo 2001 versus los datos de la predicción poblacional 2024 podemos evidenciar una variación poblacional, tanto en el

área urbana como en la rural. En el área urbana, existe un crecimiento porcentual es de 8% en el caso de los hombres y de 9,53% en el caso de las mujeres, si promediamos ambas variaciones tenemos una disminución total de 8.76%.

Tabla 2 Prediccion de la poblacion de Chilla 2024

GENERO	AÑOS		
	2001	2010	2024
HOMBRES	1388	1274	1115
MUJERES	1277	1210	1218
TOTAL	2665	2484	2333

Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.2. Ubicación del cantón Chilla

Chilla tiene una superficie de 389 Km<sup>2</sup>, limitada al Norte: con las parroquias de Uzhcurrumi y Casacay, Sur: Con el cantón Zaruma y las Parroquias de Arcapamba, Huerta, Cordoncillo y cantón Atahualpa; Este: con las Parroquias Abañín y Guanazan del cantón Zaruma; y al Oeste: cantón Pasaje y Parroquia Buenavista. Su rango altitudinal va desde los 200 msnm, en la desembocadura de la quebrada Carabota con el rio Jubones, hasta los 3610 msnm, en el cerro Chilola, La cabecera cantonal está ubicada a los 2.429 msnm. Según INEC, Censo de población y vivienda del 2010.

Figura 1. Mapa Base del cantón Chilla



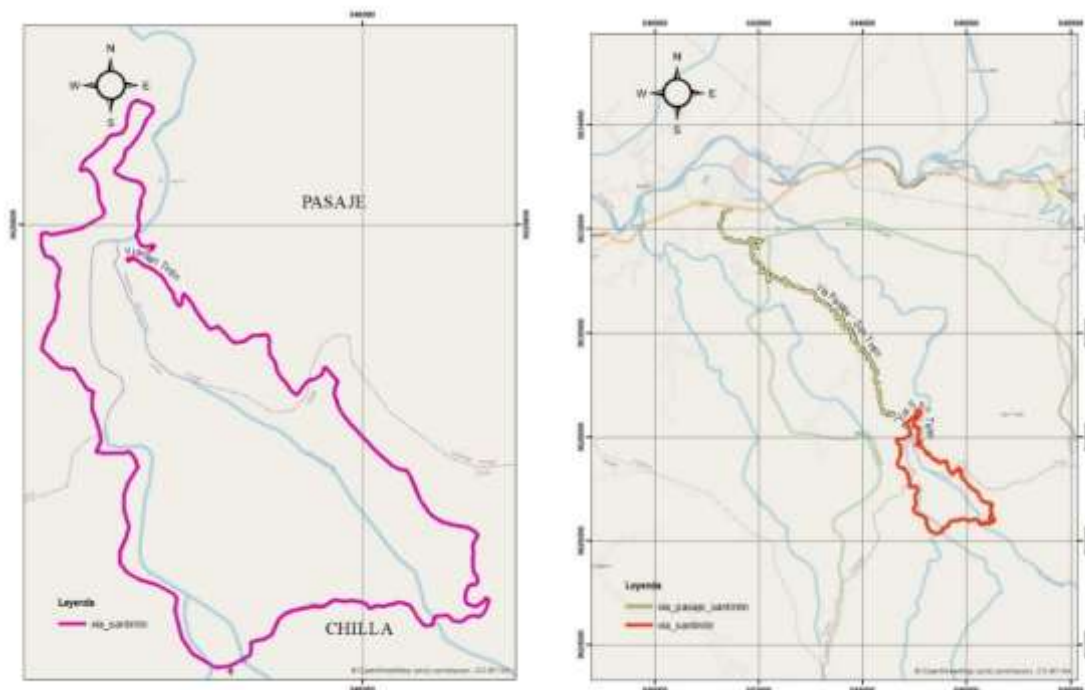
Fuente: Censo de población y vivienda INEC 2010.

Elaboración: Equipo Consultor- GAD Chilla.

### 2.1.3. Ubicación del área de estudio

El sector San Tintín pertenece al cantón Chilla, pero debido a la inexistencia de una carretera que comunique directamente a este sitio con la cabecera cantonal, en el año 2007, se apertura poco a poco el tramo de Vía San Tintín – Porvenir, pero desde la carretera ya existente Vía E59, por el lado del cantón Pasaje, ya que,

Figura 2. Tramo de la vía San Tintín - Porvenir



Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.4. Cobertura de servicio en educación

La educación integral es un derecho humano fundamental garantizado en la Republica del Ecuador según el Art. 4 de la LOEI. El analfabetismo, visto desde cualquier punto, limita el desarrollo y participación de las personas en la sociedad, porque trae consecuencias personales y familiares al restringir el acceso a beneficios de desarrollo. A nivel cantonal y según registros revisados se ve que la tasa de analfabetismo en los últimos años ha decrecido un 2.25 % en comparación al año 2010.

Tabla 3 Tasa de Analfabetismo Cantonal

<b>AÑO DEL CENSO</b>	<b>TASA DE ANALFABETISMO</b>
<b>2001</b>	12.47%
<b>2010</b>	10.72%
<b>2024</b>	8.47%

**Fuente:** Elaboración Propia

Las instituciones educativas de más renombre en la cabecera cantonal son: Escuela La Inmaculada y el Colegio Técnico Agropecuario Chilla; también cabe mencionar que en los diferentes sectores aledaños de igual manera existen espacios para la educación inicial y básica, que en su tiempo se encontraban en funcionamiento pero debido al escaso mantenimiento que se les da a las vías de acceso y a su deterioro progresivo, muchas de ellas cesaron sus funciones a causa de las precarias condiciones en las que se encuentran las carreteras, ya que esto dificulta el acceso y genera vulnerabilidad a los estudiantes; así como es el caso de la institución del sector Luz de América llamada Escuela Víctor Manuel Nagua Guanuche, la cual cerro en el 2007. Por lo cual con el debido mantenimiento vial que se proyecta se espera cumplir al máximo porcentaje su función y la instituciones antes mencionadas puedan retomar sus labores, lo cual denota la factibilidad de la rehabilitación de la vía.

### **2.1.5. Salud**

La salud como tal es uno de los principales pilares que la sociedad necesita para mantenerse equitativa y colectivamente bien y estable. Debido a que con una atención oportuna y adecuada de la salud garantiza la máxima energía vital, elemento esencial en la construcción integral del ser humano.

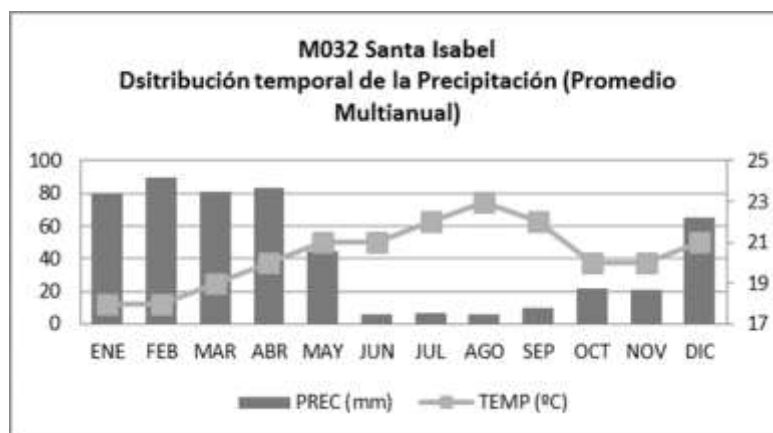
En Ecuador y en muchos países latinoamericanos el acceso a servicios de salud de calidad aun es un problema, en el cual debido a la negligencia y falta de medicamentos básicos la tasa de mortalidad incrementa progresivamente. A nivel de la ZONA 7- SALUD, se cuenta con establecimientos de Salud que se encuentran equipados y adecuados para la prestación de servicios a la población, aunque entre los mas destacados de todos es el Hospital de Machala, que es una unidad especializada de tercer nivel, ya que su servicio en hospitalización médica especializada, neonatología, atención quirúrgica, de emergencia y cuidados intensivo es llevada a cabo por personal calificado y tecnología de punta.

Los cantones de El Guabo, Pasaje , Santa Rosa, Chilla y Huaquillas, también cuentan con su respectivo espacio utilizado para brindar atención medica ; como tal es el caso que en la cabecera cantonal de Chilla se cuenta con un Centro de Salud Tipo A , el cual esta a cargo del Ministerio de Salud Pública y que ofrece los servicios de medicina general, medicina familiar, vacunación, obstetricia y si alguno de los ciudadanos requiere referencia a un hospital debido a la gravedad de su caso también hay consulta externa y transporte de ambulancia, este subcentro cuenta según datos estadísticos según el MSP(2023) con 4112 beneficiarios directos, aunque de cierta manera la población de nuestra área de estudios Vía San Tintín -Porvenir, debido a la larga travesía que debe cruzar para llegar al centro de Chilla , prefieren hacer uso del Centro de Salud Casacay , el cual se encuentra ubicado en la Vía E59, frente al Colegio Francisco Ochoa, a 40 metros de la entrada a nuestra área de estudio.

### 2.1.6. Climatología

Dentro de la climatología, el cantón Chilla se destaca por poseer climas fríos, templados y cálidos que van desde el cálido tropical hasta el frio de los páramos andinos. En la parte alta y en la parte media, tales como en el Sitio San Tintín existe un clima templado frio con temperatura promedio de 12 a 15 °C y en la parte baja de 20 a 30 °C. Existen dos épocas diferenciadas: invierno que va de enero a junio y verano que va de Julio a diciembre, el mes de marzo es el mes más lluvioso y Julio a noviembre son los meses más secos. En función de la información climática analizada, se concluye las tendencias de variación del clima para la parroquia Chilla, estes registran en el periodo 2015 -2039.

Grafico1: Distribución temporal de precipitación y temperatura



**Fuente:** INAMHI-FORECCSA

**Elaborado por:** Equipo Consultor Ic-AL

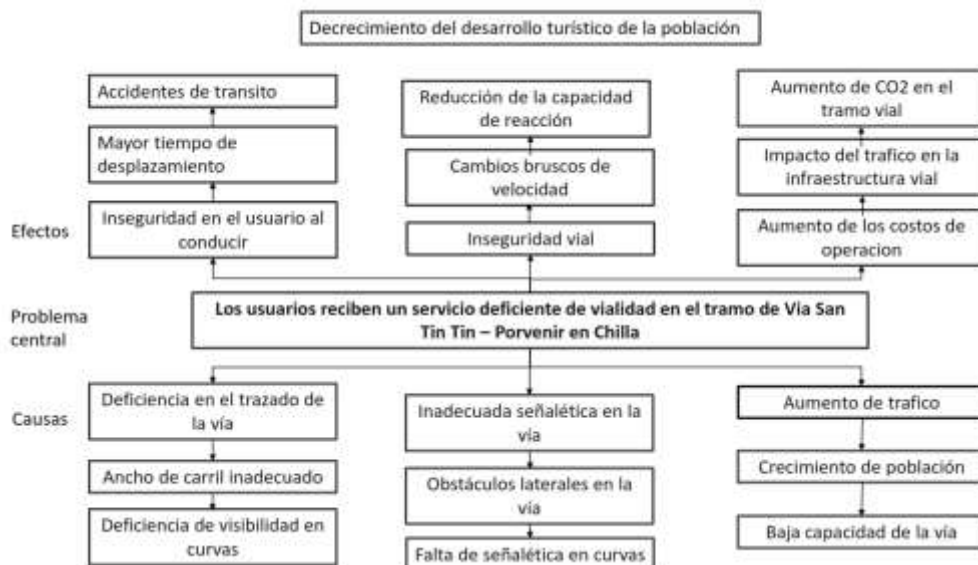
## 2.2. Descripción de la situación problemática (Causa y efecto)

A lo largo de la historia los usuarios reciben un servicio deficiente de vialidad en el tramo que conecta la parroquia Casacay con el Sector San Tintín, siendo esta una vía esencial para el comercio y la economía de la región, puesto que permite el transporte de productos agrícolas y manufacturados a través de la zona. Teniendo como principal problemática la deficiencia en el trazado geométrico, lo cual nos da un ancho de carril inadecuado y por ende tenemos una deficiencia de visibilidad en ciertas curvas, ocasionando inseguridad a los usuarios de la vía, que cuando realizan sus labores de transporte diarios demoran más tiempo en llegar a su punto de destino.

En el deficiente trazado geométrico se incluye las curvas y pendientes peligrosas, las intersecciones mal diseñadas, la falta de señalización y ancho de carril inadecuado debido a que no proporciona espacio suficiente para los vehículos y para maniobras de emergencia, disminuyendo la capacidad de la carretera al impedir que más vehículos circulen al mismo tiempo. A veces, cuando la sección transversal típica de una carretera no se adapta correctamente al uso para el que se planificó, puede ser un peligro para la seguridad de conductores y peatones.

Por otro lado, en la carretera de estudio se ha producido un aumento en el tráfico vehicular, debido al crecimiento de la población y la baja capacidad de la vía, esto causa congestión, retraso, deterioro de la infraestructura vial y aumento de los niveles de contaminación del aire. Los incidentes y el clima son imprescindibles y pueden afectar instantáneamente las condiciones del tráfico.

Tabla 4 Árbol de problemas



Fuente: Elaboración Propia



### **2.3. Formulación del problema: preguntas científicas**

Esta investigación se realizará desde el punto de vista de la seguridad vial, de los conductores y peatones del tramo de vía San Tintin-Porvenir, quienes son directamente afectados por un deficiente trazado geométrico, lo cual debido a distancias de visibilidad reducidas, curvas cerradas con radios inadecuados, peraltes no óptimos y obstáculos laterales en curvas, demanda a que los conductores realicen maniobras complejas como reducir bruscamente la velocidad y esto pueden distraer su atención, reducir su capacidad de reacción o llegar a ocasionar accidentes de tránsito.

Por lo tanto, un correcto diseño geométrico en carreteras de montañas tiene influencia directa en la seguridad vial, ya que requiere un análisis minucioso del trazado con el fin de asegurar curvas amplias y calzadas con dimensiones simétricas, para según esto colocar la señalética preventiva acorde sea el caso y si la situación amerita incluso se podría colocar barreras de contención en los lugares de mayor vulnerabilidad, con lo que se tendría una vialidad segura y eficiente consiguiendo con reducir el tiempo de viaje en el tramo de vía descrito con anterioridad.

La zona de estudio presenta un alto riesgo de erosión, debido a las desfavorables características de los suelos ya que en gran parte del territorio presentan una débil estructura, suelos pocos meteorizados, de textura fina como lo son los limos o arenas finas. Aparte de esto, la situación del tramo se ve más agravado por la presencia de pendientes pronunciadas, por las escorrentías que normalmente produce deslizamientos leves de tierra y en ocasiones movimientos de tierra de mayor magnitud.

El deficiente estado de la Vía San Tintín-Porvenir, afecta gravemente al desarrollo socio-económico de los sectores agrícolas que hacen uso de la carretera, ya que dificulta el transporte eficiente de personas, insumos, cosechas y la distribución de leche, pues la vía al tener baches, no encontrarse con el mantenimiento adecuado, o a su vez tener caminos angostos o con curvas muy cerradas impiden el tránsito de vehículos adecuado para cada situación, y esto provoca daños en los productos al momento de ser transportados, por ende su vida útil se ve reducida y su valor de venta al público también. Lo que provoca pérdidas en las siembras al no poder sacar las cosechas de manera rápida y segura a los mercados produciendo una baja rentabilidad en los cultivos.

¿El trazado geométrico influye en la seguridad de los conductores en el tramo de la Via San Tintín?

¿Cómo el trazado geométrico de carretera de montaña influyen en la seguridad vial?

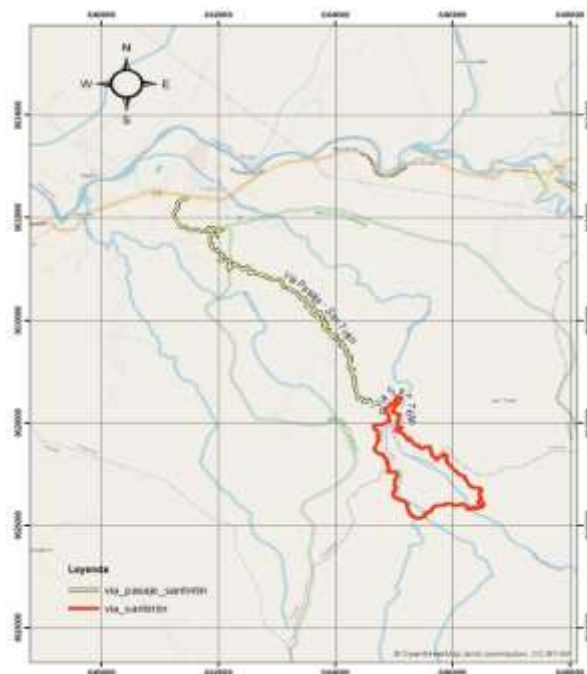
¿Como se ve afectado el desarrollo socio- económico de los usuarios de la vía?

#### 2.4. Delimitación del objetivo de estudio

La vía E59 o también conocida como Vía Cuenca- Machala es una carretera de dos carriles que a la altura de la parroquia Casacay conecta el cantón Pasaje con el Sitio San Tin Tin perteneciente al cantón Chilla, en la provincia de El Oro en Ecuador. La carretera como tal es una ruta muy importante para el sector, debido a que facilita la comunicación entre los dos cantones y por ende entre sus sectores como el sitio Huizho.

Desde la Vía E59, precisamente en el primer acceso de la parroquia Casacay se gira a la derecha si nos dirigimos en sentido Pasaje – Cuenca, desde ahí se recorre 8 Km para llegar al inicio del tramo de vía San Tintín – Porvenir iniciando con un tramo de 2.95 km que corresponde hasta el límite rural del cantón Pasaje, continuando con 4.40 Km pertenecientes dentro del límite rural del cantón Chilla, y tal como se muestra en la figura finalizamos con los últimos 1.5 km de via correspondientes al límite rural de Pasaje.

*Figura 3. Acceso al tramo de la vía San Tintín - Porvenir*



Fuente: Elaboracion Propia

## **2.5. Justificación**

El GAD de Chilla tiene una planificación en su territorio en la cual vemos que es una herramienta clave para guiar el crecimiento ordenada y sostenible del cantón, ya que de esta manera las autoridades responsables deben actuar de manera responsable y hacer ejercer las directrices fundamentales para la regular el uso correcto del suelo, la protección de áreas patrimoniales entre otras , así como también dar las especificaciones correctas para la dotación de infraestructura y servicios como es en el caso de las vías de acceso tanto a la cabecera cantonal como a los diferentes sectores. Por lo tanto, este plan se convierte en un instrumento indispensable para promover un desarrollo territorial equilibrado, que mejore la calidad de vida de los habitantes y fortalezca el rol de Chilla.

Nuestro aporte es identificar las características de la vía San tintín-Luz de América-Porvenir, en la que desarrollaremos una metodología para evaluarla y proponer alternativas, basadas en artículos científicos desarrollados en otros lugares que tienen el mismo inconveniente, por lo cual este documento realiza importantes contribuciones tanto a nivel teórico como practico en el campo de la evaluación del diseño geométrico de carreteras de montañas, al proponer un nuevo modelo conceptual que integra la aplicación de un software GIS, por lo cual el estudio de esta vía representa un aporte significativo al extender conocimiento teórico y practico

La Universidad Técnica de Machala respalda activamente el progreso de la región y del país mediante diversas investigaciones. Este compromiso ha despertado en estudiantes como nosotros un genuino interés por formarnos profesionalmente y obtener el título de Ingeniería Civil. La universidad ha sido un pilar fundamental en este proceso, proporcionándonos las competencias esenciales para abordar tanto los desafíos locales como los nacionales. Como futuras profesionales, asumiremos la responsabilidad de contribuir al desarrollo sostenible de la provincia de El Oro.

## **2.6. Objetivos:**

### **2.6.1. General y Específico**

Evaluar el trazado geométrico de las carreteras de montañas mediante criterios técnicos que permita un eficiente servicio de vialidad en el tramo de Vía San Tin Tin – porvenir en Chilla

## **Objetivos específicos:**

- Fundamentar en bases teóricas mediante revisión bibliográfica para la evaluación de carreteras de montaña las cuales garantizaran la seguridad vial.
- Analizar las características geométricas mínimas que debe cumplir una carretera de montaña mediante estudios técnicos en el tramo de “Vía San Tin Tin – Porvenir en el Cantón Chilla ubicado en la provincia del Oro”.
- Proponer un diseño del trazado geométrico en carretera de montaña. que garantice la seguridad vial en el tramo de la Vía San Tin Tin – Porvenir en el Cantón Chilla ubicado en la provincia del Oro”.

## **Capítulo II**

### **3. Marco teórico**

#### **3.1. Antecedentes contextuales Macro**

##### **3.1.1. Macro**

Aunque Italia tiene una gran región montañosa, la normativa del país no regula directamente el diseño o el ancho correcto de las curvas cerradas. Por ello, se suele utilizar la norma suiza 640196a, que ofrece diferentes tipos de soluciones. Depende de la variación de los parámetros geométricos, las características topográficas del diseño de los tramos de carretera. Está claro que estas soluciones no pueden adoptarse con total certeza, ya que diferentes países tienen diferentes formas de clasificar las carreteras jerárquicamente. Se dice que es una buena referencia para implementar un buen proyecto de la carretera. (Ciampa & Olita, 2022).

En el contexto ecuatoriano, donde las condiciones geográficas y climáticas también crean la necesidad de carreteras de montaña muy importantes, el estudio de la experiencia italiana en este tema podría proporcionar ideas valiosas. Las normas y directrices que supervisan el funcionamiento de las carreteras de montaña italianas representan una parte esencial para garantizar una operación segura y eficiente, estas normas cubren aspectos como límites de velocidad, límites de carga, proporciona directrices específicas para el mantenimiento y protección del entorno natural circundante.

En la India, han presentado un artículo sobre los determinantes de la variabilidad de la velocidad en las curvas horizontales de las carreteras rurales de dos carriles que atraviesan terrenos montañosos.(Pojani & Stead, 2018) Hacen algunas observaciones importantes

sobre cómo diferentes parámetros geométricos como la pendiente y la dirección de giro impactan la variabilidad de la velocidad. Es valioso considerar estos factores en el diseño de carreteras para minimizar dicha variabilidad. Estos hallazgos con un enfoque de sistemas más amplio para la seguridad vial, que va más allá de sólo educar a los conductores e incluye aspectos como el diseño de infraestructura y marcos regulatorios. Tienen razón en destacar la necesidad de adoptar este tipo de perspectivas integradas. Sería interesante ver algunas recomendaciones más específicas que se deriven de sus modelos. Por ejemplo, rangos ideales de pendiente o radio de curvatura dado cierto volumen y composición de tráfico. De cualquier modo, este parece un inicio prometedor para seguir desarrollando mejores prácticas de diseño de carreteras rurales de montaña. (Tong et al., 2020)

En Iran la seguridad vial es un desafío importante, en países en desarrollo donde las tasas de mortalidad por accidentes de tránsito suelen ser más altas. El estudio que realizaron sobre la seguridad vial en carreteras iraníes parece interesante. Analizan como distintos parámetros geométricos (radio de curva, longitud de onda, pendiente, etc.) impactan el riesgo de accidentes, especialmente en zonas montañosas. Sus hallazgos de que la mayoría de accidentes ocurren en pendientes pronunciadas, curvas cerradas y cruces concuerda con lo esperado. Es bien sabido que estas configuraciones viales son más propensas a pérdidas de control y choques. (Karimi & Kashi, 2018)

### **3.1.2. Meso**

En una carretera de los Andes Centrales de Colombia, se analizó la metodología que caracterizan en detalle los diferentes elementos geométricos (rectas, curvas circulares, curvas de transición, curvas verticales cóncavas/convexas) a lo largo de casi 14 km. Luego, mediante muestreos sistemáticos por más de 1.5 años, cuantifican la fauna atropellada en los distintos segmentos. Esto les permite correlacionar directamente la mortalidad de especies con la forma de la vía en cada punto. Es un muy buen enfoque para evaluar el efecto del trazado vial sobre la fragmentación de hábitats y poblaciones sensibles. (Arango Lozano & Patiño-Siro, 2020)

En las zonas de transición entre bosques/túneles: son puntos críticos de atropello. Se sugiere reducir velocidad en estos tramos, señalización vertical y pasos de fauna elevados implementando estas y otras medidas se ha logrado reducir hasta en un 80% la mortalidad

vial de fauna en algunos estudios. Sin duda un área que requiere más investigación aplicada.

En América Latina el trazado geométrico de carretera de montaña implica un tema complicado ya que involucra patrimonios culturales, evaluaron los métodos tradicionales de construcción de carretera de montaña y los resultados indican que ha causado daños ecológicos locales de flora y fauna. Es por eso que evalúan una metodóloga ecológica con la seguridad como su principal objetivo ofrece una mejor condición ecológica para los proyectos de construcción. (Chen & Hsu, 2013)

Proponen un método considerando interacción vehículo-carretera, un enfoque integral apropiado y llegan a la conclusión relevante de que el radio mínimo de curva es conservador para velocidades de diseño mayores a 60 km/h, esto implica que en una autopista de alta velocidad el radio puede reducirse, la determinación de velocidad crítica segura mediante el análisis mecánico y teórico, el uso de simulación para validar el modelo, las recomendaciones para ajustar parámetros en diferentes casos. Pero en términos generales destaca un hallazgo importante del estudio de una forma concisa. (Yue et al., 2019)

El diseño actual de autopistas se basa en la velocidad de diseño y trata otras variables (terreno, carretera, conductor) como determinista, el comportamiento de los conductores puede ser impulsivo. El análisis de confiabilidad es un método que explica la incertidumbre en el proceso de diseño geométrico y evalúa el riesgo relacionado con una característica. Realizaron un estudio. El estudio seleccionó 38 curvas de geometría variable a lo largo de la carretera nacional 953 (NH-953) en los terrenos montañosos de la India. (Goyani et al., 2022)

### **3.1.3. Micro**

Es clave identificar los puntos y configuraciones geométricas más riesgosas (curvas, pendientes, intersecciones) para tomar medidas focalizadas de mitigación como barreras, señalización, límites de velocidad, entre otros. Un diseño cuidadoso puede reducir considerablemente la siniestralidad en esta compleja topografía. Existe un manual de seguridad de carreteras internacional que ofrece un dato estadístico que predice utilizando las funciones de desempeño de seguridad. Esto predice el número de accidentes en distintos puntos de la carretera y se puede aplicar a todas las fases de un proyecto. En



Ecuador utilizaron la ecuación del un manual de seguridad de carreteras para ver el desempeño de seguridad de la carretera rurales de dos carriles en entornos montañosos. Utilizaron variables de diseño y operación de 25 carreteras de los andes ecuatorianos. Los resultados fueron que hay 3 tipos de sinestros (total, fatal + lesiones, solo daños materiales). (Nagy et al., 2023)

El estudio parece técnicamente sólido y las bases para mejorar la gestión de seguridad vial en carreteras rurales andinas del Ecuador y estas se adopten sistemáticamente para priorizar inversiones y medidas de mitigación.

En Ecuador, en la provincia de El Oro en la vía Quera-Porotillo-Chilla evaluaron la carretera de montaña con la finalidad de determinar si la vía ofrece un servicio vial adecuado. Su metodología es aplicar el índice de condición de pavimento para la clasificación del estado superficial, ensayos de laboratorio sobre muestras de suelo para determinar propiedades como granulometría y capacidad portante, análisis y clasificación de resultados de acuerdo con normativas técnicas. Es una muy buena metodología para identificar deficiencias y así sustentar propuestas de rehabilitación y mejoramiento de la vía. («Sánchez-Mendieta et al., 2023)

### **3.2. Antecedentes conceptuales**

El diseño geométrico juega un papel importante en todas las carreteras y afecta la línea de la carretera. Un correcto diseño geométrico ayuda a reducir los accidentes de tráfico. Las revisiones dicen que la seguridad se puede aumentar con el ancho de la carretera y el ancho de los arcones. Además, las frecuencias de colisión son directamente proporcionales a la agudeza de la curva. Si el diseño geométrico se hace a mano, es muy engorroso, requiere mucho tiempo y está propenso a errores costosos. (Thaj et al., 2022)

El diseño geométrico de carreteras se divide en tres partes principales: la alineación, el perfil y la sección transversal son las tres subdivisiones principales del diseño geométrico de carreteras. Combinados, proporcionan un diseño tridimensional de una carretera. La alineación se compone de tangentes horizontales y curvas. El perfil es el aspecto vertical de la carretera, incluidas las curvas cóncavas y convexas, así como las líneas rectas que las conectan. (Zhang et al., 2021) La planificación vial comienza con levantamientos fotogramétricos, planificación geométrica de vías, drenaje, cálculo de desmonte y relleno según estándares. (Afolayan et al., 2022).

Las laderas de las montañas son cóncavas-convexas, y a veces tienen un bloque de pendiente plano en el interior de las laderas. Las paredes rocosas derrumbadas y muchas pendientes rocosas erosionadas contribuyen a diversas inestabilidades, algunas de las cuales provocan deslizamientos de tierra importantes las deformaciones y geometría de las laderas inician el proceso de descomposición natural del suelo y las rocas. (Virajh Dias et al., 2023).

Las curvas horizontales de las carreteras de montaña son muy propensas a colisiones y la uniformidad geométrica es crucial en su diseño. La necesidad de fricción lateral de los conductores se ve muy afectada cuando estas carreteras tienen un número significativo de curvas horizontales consecutivas debido a limitaciones de diseño. (Aminfar et al., 2023)

La seguridad vial en las carreteras de montaña son una parte importante del tráfico en muchos países, pero a menudo se producen accidentes debido a las difíciles condiciones ambientales y a la velocidad de conducción. Por lo tanto, la evaluación a largo plazo de la resistencia al deslizamiento y las advertencias de seguridad son muy importantes al conducir por una carretera de montaña. (J. Wei et al., 2022)

Las fallas de taludes dependen de una gran variedad de factores, que van desde las características geológicas y geomorfológicas del sitio, hasta condiciones climáticas, actividad sísmica, hidrología e incluso actividades antrópicas. Es una lista bastante completa de los principales aspectos que gobiernan la estabilidad de laderas y taludes. Cada uno de ellos puede influir de diferentes maneras en los mecanismos de falla potenciales. (Azarafza et al., 2021) Se puede mencionar otros factores adicionales como propiedades de resistencia de los materiales, metodologías constructivas, presencia de fallas o discontinuidades preexistentes, entre otros. Pero en términos generales cubren las variables fundamentales. Sería interesante en futuros trabajos ver cómo priorizan o jerarquizan estos elementos según sus niveles de contribución al riesgo de cada tipo de movimiento en masa.(P. Wei et al., 2023)

La accesibilidad se basada en distancias o tiempos de viaje, y otra que considera aspectos más cualitativos de la calidad de la infraestructura. Las isócronas son un buen ejemplo de uso de distancia/tiempo. También es un punto importante que mencionan cómo en entornos montañosos a menudo tiene sentido relajar el supuesto de circularidad de isócronas y mejor trazarlas de forma lineal a lo largo de los valles, reflejando así mejor los patrones reales de conectividad. Queda bastante por hacer para mejorar la

representación de accesibilidad en zonas complejas como montañas o ciudades. Por ejemplo, incorporando información de pendientes, transporte público, etc. (Bertram & Chilla, 2023) Este resumen entrega una visión concisa de los elementos principales en juego. Sería interesante explorar con más detalle ejemplos concretos de mapeo de accesibilidad en alguna cordillera específica.

las señaléticas deben tener su ubicación precisa, qué lado de la calle están, su visibilidad en diferentes condiciones, a qué distancia pueden ser detectadas, etc. Tener información asociando señales con la dirección/ramal de la calle a la cual aplican puede ser muy valioso para entrenar algoritmos de comprensión contextual. Sería interesante conocer más detalles técnicos sobre los sensores y métodos utilizados para detectar las señales. (Matej et al., 2022)

la velocidad segura y crítica que se puede mantener en los segmentos más limitantes de una vía dados sus atributos físicos. Es decir, no se trata de la velocidad promedio, sino aquella que permite transitar de forma controlada incluso en las secciones más exigentes como curvas pronunciadas. Definir adecuadamente este parámetro y ajustar el trazado a él es clave para que la carretera opere dentro de márgenes razonables de seguridad y comodidad. Sería valioso en futuros trabajos explorar en más detalle la evolución histórica de velocidades de diseño estándar para diferentes tipos de carreteras y países. Así como formas de anticipar incrementos a futuro considerando las tendencias en desarrollo vehicular. (Xu et al., 2017)

En zonas montañosas hay mayor probabilidad de tramos con visibilidad limitada por topografía y vegetación esto puede llevar a maniobras bruscas e inseguras de giro o frenado. Por lo tanto, los segmentos con visibilidad restringida representan puntos de alto riesgo. También podría ser útil dar algunos ejemplos de medidas para mitigar el riesgo en tramos con visibilidad limitada, como señalización, limitación de velocidad, pero, en resumen, destaca correctamente la criticidad de garantizar una adecuada visibilidad en el diseño de carreteras de montaña. (Tang et al., 2022)

La trayectoria en pocos puntos específicos no captura la variación continua a lo largo de toda la curva rara vez consideran curvas con ángulos de deflexión grandes. Tiene razón en que estas son limitaciones para caracterizar completamente el riesgo en base a la trayectoria. Sería interesante conocer cómo el estudio que resume intenta salvar estas

brechas y analizar la trayectoria de manera más integral y continua en todo tipo de curvas. Pero identifica correctamente la relevancia y desafíos del tema. (B. Wang et al., 2018)

Los factores de riesgo en vías rurales proveen análisis descriptivos o inferenciales en contexto urbano a veces el alcance es muy específico (arterias o segmento) existen modelos estadísticos para tipos particulares de choques (laterales, traseros, etc.) (Álvarez et al., 2020) Las zonas laterales pretenden reducir choques fuera de la vía, la peligrosidad existe en métodos para estimar peligrosidad, usualmente basados en datos de accidentes se analiza factores explicativos de peligrosidad con modelos y datos de campo, identifican el lado de gálibo junto a barreras, en curvas y pendientes, como relevante. (Rivera & Echaveguren, 2014)

Según el MTOP (Ministerio de Obras Públicas) Las carreteras de montaña en Ecuador juegan un papel muy importante para la conectividad y el desarrollo económico del país. Algunos puntos clave sobre este tema. Facilitan la conexión entre comunidades rurales y urbanas, permitiendo el transporte de personas y mercancías. Esto impulsa el crecimiento económico en áreas remotas. Brindan acceso a paisajes naturales impresionantes, fomentando el turismo y ecoturismo en Ecuador. Su construcción y mantenimiento enfrentan desafíos técnicos y ambientales significativos, dada la compleja geografía del país. La seguridad vial y la preservación de frágiles ecosistemas son preocupaciones centrales en la planificación y gestión de estas carreteras. Se requiere encontrar un equilibrio entre la conectividad, el desarrollo económico y la conservación ambiental en estas áreas montañosas. Es una muy buena síntesis de la importancia y los retos de las carreteras de montaña en el Ecuador, destacan bien su valor estratégico, pero también los cuidados necesarios en su desarrollo.

### **3.3. Antecedentes referenciales**

En una carretera de montaña con terrenos complejos requiere de un cuidadoso diseño geométrico y optimización de muchos factores: radios de curvatura, pendientes, anchos de calzada, etc. El trazado geométrico de una carretera de montaña debe garantizar un servicio de viabilidad para que los conductores no experimenten cambios bruscos de velocidad en las curvas cerradas y se agregue carriles para las pendientes peligrosas. (R G et al., 2023)

La importancia del trazado geométrico de carretera de montaña en todo el mundo, en América Latina y específicamente en Ecuador se extiende a lo largo de la historia, trazando un camino de desarrollo humano movilidad y progreso económico. Estos cruciales puntos de encuentro en las redes de carreteras han evolucionado a lo largo de los siglos desde las antiguas rutas comerciales hasta las modernas autopistas intercontinentales.

Desde la antigüedad, el trazado geométrico de carreteras de montaña se ha expandido a través de civilizaciones y el intercambio de culturas. Históricamente, en Ecuador, inicialmente el enfoque era proporcionar espacio suficiente en la sección transversal y en las trayectorias de giro en las intersecciones. Los criterios de diseño relacionados con el desempeño de los vehículos eran limitados, centrándose en pendientes y carriles de cambio de velocidad. En 2003 se incorporaron por primera vez chequeos de distancia de visión de parada y situaciones críticas para la operación de vehículos. En 2009, ya se exigía verificar que los diseños fueran seguros para los vehículos, incluyendo nuevos criterios surgidos de la investigación y experiencia ecuatorianas recientes. (Liao & Levinson, 2013)

En las últimas décadas, se ha evolucionado significativa en cuanto a la incorporación de criterios y requisitos de diseño orientados específicamente a garantizar la operatividad segura de los vehículos. Pero la Vía San Tin Tin-Porvenir no cuenta con un servicio de viabilidad en el trazado geométrico de carretera de montaña.

En los últimos años, ha existido un crecimiento poblacional acelerado, lo que ha generado un aumento en las necesidades de transporte y ha intensificado los desafíos en materia de seguridad vial. Por lo tanto, es necesario implementar un enfoque de diseño más integral que promueva el progreso económico, social y ambiental. (Pulugurtha & Mathew, 2021)

Asegurar una mayor seguridad en el entorno vial continúa siendo el principal objetivo que motiva las iniciativas mundiales de prevención de accidentes. La aparición de estos eventos está estrechamente vinculada con las condiciones del entorno vial, especialmente con las deficiencias presentes en el diseño geométrico, lo que incide directamente en la seguridad de los usuarios. (Shah & Ahmad, 2019)

En la actualidad, es imperativo implementar estándares de sostenibilidad en el diseño geométrico de carreteras. Esto se debe al impacto negativo que el transporte vial ejerce

sobre el medio ambiente. (Y. Wang et al., 2018) Además, es crucial incorporar la perspectiva del usuario como un criterio para analizar la seguridad vial junto con las características geométricas de la carretera, las zonas laterales y otros factores relevantes. Evaluar estos aspectos permitirá reducir la frecuencia y gravedad de los accidentes de tráfico, asegurando así la seguridad de los proyectos y minimizando considerablemente el impacto ambiental. Esto es especialmente importante dado el creciente reconocimiento global del cambio climático y su importancia en todo el mundo. (Islam et al., 2019)

En todo el mundo se han realizado diversos estudios sobre el diseño geométrico de carreteras con el objetivo de mejorar la seguridad vial y la calidad del servicio que ofrecen a los usuarios. Estos estudios abarcan desde la señalización hasta el análisis de la geometría de la vía y la calidad de la infraestructura vial, incluyendo su entorno, la tipología de la vía, el control del tráfico y la iluminación, factores cruciales e influyentes en los resultados de la seguridad vial. (Papadimitriou et al., 2019) .

En Ecuador, se han llevado a cabo investigaciones que tratan esta problemática. Un ejemplo es el artículo publicado por los autores García, Camacho y Montoya, donde aplicaron el método iRAP para examinar la seguridad de una carretera de dos carriles. Mediante este método, se pueden detectar las zonas más peligrosas para los usuarios de la vía.(García-Ramírez et al., 2021)

### **Capítulo III**

#### **4. Metodología**

##### **4.1.Modalidad básica de la investigación**

La investigación se enfoca en la evaluación del diseño geométrico de la vía San Tintin – Porvenir, la cual es una carretera que une a estas dos localidades y es de gran importancia para el flujo vehicular, a su vez como también para la seguridad vial de la región. Como propósito principal de este proyecto técnico es analizar si la vía en mención cumple con los estándares técnicos requeridos y necesidades de los usuarios, asegurando así seguridad, eficiencia y sostenibilidad a lo largo del tramo en estudio.

##### **4.2.Tipo de investigación**

###### **4.2.1. Investigación documental**

La metodología empleada en esta investigación se basará en un enfoque cuantitativo, en los que se buscará obtener datos objetivos mediante mediciones y observaciones in situ.



En nuestro enfoque cuantitativo tomamos énfasis especial en el diseño de curvas cerradas, la consistencia del diseño basada en la velocidad de operación y la evaluación de la seguridad vial mediante modelos de predicción del riesgo de accidentes, en los que se utilizarán las propuestas metodológicas de Ciampa & Olita (2022) para el diseño y retrofitting de curvas cerradas, los estudios de Nama et al. (2016) para analizar la consistencia del trazado y el comportamiento de vehículos y el enfoque de Yan et al. (2023) para relacionar características geométricas con el riesgo de accidentes mediante el modelo MLP.

#### **4.2.2. Investigación de campo**

Se llevará a cabo una inspección técnica del tramo de Via San Tintin – Porvenir, en la cual se evaluarán parámetros claves del diseño geométrico como son la alineación horizontal y vertical, los radios de curvas y en cierto punto se deberá tomar en cuenta las condiciones de la intersecciones. Teniendo en cuenta que también se deberá medir el ancho de la calzada, la visibilidad en puntos críticos y la señalética existente.

#### **4.3. Población y muestra**

##### **4.3.1. Población**

El tramo de 8.85 km- Via San Tintin – Porvenir, perteneciente al cantón Chilla- provincia de El Oro- Ecuador, se dividirá en secciones homogéneas que incluyan curvas, tramos rectos y transiciones, permitiendo aplicar los diferentes modelos geométricos.

##### **4.3.2. Muestra**

Se recomienda incluir al menos 20 a 30 curvas cerradas y varios tramos rectos para un análisis integral de la consistencia geométrica de la vía San Tintin – Porvenir, cantón Chilla, provincia de El Oro, Ecuador. En la toma de estos se debe establecer puntos de medición de velocidad en al menos dos ubicaciones estratégicas por cada sección, una en la curva y otra en el tramo recto, cabe recalcar que los 8.85 km de carretera en estudio es solamente afirmada.

#### **4.4. Métodos teóricos y empíricos con los materiales utilizados**

El Modelo de Diseño de Curvas Cerradas – Ciampa & Olita (2022) propone un enfoque innovador para la optimización y el diseño de trayectorias curvadas en distintos contextos, como la ingeniería civil, el diseño urbano o la planificación de carreteras. Este modelo tiene como objetivo proporcionar una herramienta eficaz para la creación de curvas que no solo sean funcionales desde el punto de vista técnico, sino también estéticamente agradables y seguras para su uso. Ciampa y Olita (2022) introducen una metodología que busca mejorar la fluidez del tránsito, minimizar la desviación del camino ideal y optimizar

el uso del espacio disponible, abordando problemas clásicos de diseño de curvas, como el balance entre la velocidad, el radio de curvatura y la comodidad del usuario.

Uno de los aspectos clave del Modelo de Diseño de Curvas Cerradas es su enfoque geométrico adaptativo, que permite ajustar las características de la curva según los requisitos específicos del terreno, el uso esperado de la vía y las condiciones de seguridad. En lugar de seguir solo parámetros predefinidos de curvaturas estándar, el modelo de Ciampa & Olita emplea algoritmos avanzados para generar curvas que se adaptan al contexto real de la infraestructura. La metodología hace uso de herramientas de optimización matemática para determinar los ángulos de transición y el perfil de la curva de manera dinámica, minimizando las tensiones estructurales y mejorando la experiencia del usuario. Este enfoque es especialmente útil en terrenos irregulares o cuando se necesitan ajustes a diseños previos que no cumplen con las expectativas de eficiencia y seguridad.

Además, el modelo incorpora una dimensión computacional que facilita la simulación de diversos escenarios de tráfico y condiciones meteorológicas, lo que permite predecir el comportamiento de los vehículos a través de las curvas diseñadas. De este modo, se pueden hacer ajustes finos en tiempo real, garantizando que las curvas diseñadas respondan a las necesidades de los usuarios en situaciones variables. Este aspecto dinámico de simulación también favorece la toma de decisiones a nivel de planificación, permitiendo a los diseñadores evaluar múltiples alternativas de diseño antes de la implementación final. En resumen, el Modelo de Diseño de Curvas Cerradas – Ciampa & Olita (2022) representa un avance significativo en el diseño de trayectorias curvadas, fusionando teoría matemática, simulación computacional y adaptabilidad a contextos específicos para lograr soluciones de diseño más eficientes y seguras.

El Modelo de Consistencia del Diseño Geométrico – Nama et al. (2016) aborda la importancia de garantizar la coherencia y la efectividad en el diseño de infraestructuras viales, particularmente en lo que respecta a la alineación, la geometría de las curvas y los perfiles transversales. Este modelo destaca cómo la consistencia en el diseño geométrico influye directamente en la seguridad, el confort y la eficiencia del tránsito. Nama et al. proponen un marco metodológico que permite que los diseñadores viales mantengan una uniformidad en las características geométricas a lo largo de una carretera o carretera,

asegurando que las transiciones entre secciones de la vía sean suaves y predecibles. La consistencia del diseño no solo se refiere a la forma y el perfil de las curvas, sino también a la relación armónica entre los diferentes elementos del trazado, como las pendientes, los radios de curvatura y las distancias de visibilidad.

El modelo de Nama et al. (2016) hace hincapié en la interacción entre los distintos parámetros del diseño geométrico, sugiriendo que una variación inconsistente en estos aspectos puede llevar a condiciones peligrosas o incómodas para los conductores. La metodología propuesta considera las capacidades de los vehículos, las características de los conductores y los factores del entorno, como el clima o la iluminación, para establecer un diseño que sea tanto seguro como eficiente. En particular, se enfoca en mantener una relación balanceada entre el radio de las curvas, la visibilidad y la transición entre secciones rectas y curvadas. De este modo, se busca evitar cambios abruptos en el trazado de la vía que puedan inducir confusión o riesgo para los usuarios.

Un elemento fundamental del enfoque de Nama et al. es el uso de criterios cuantitativos y herramientas analíticas que permiten evaluar la consistencia del diseño de manera objetiva. A través de simulaciones y modelos matemáticos, se pueden prever los efectos de diferentes configuraciones geométricas sobre el comportamiento del tráfico y la seguridad vial. Este enfoque no solo facilita la creación de proyectos más coherentes, sino que también proporciona una base sólida para la toma de decisiones durante las fases de diseño y construcción. Además, el modelo propone la integración de estas consideraciones en los estándares y normativas de diseño vial, promoviendo una práctica más estandarizada y fiable en el desarrollo de infraestructuras viales. En conjunto, la metodología de Nama et al. (2016) resalta la necesidad de una planificación geométrica integral y bien coordinada para maximizar tanto la funcionalidad como la seguridad de las vías.

El Modelo de Evaluación del Riesgo de Accidentes mediante el MLP – Yan et al. (2023) se enfoca en la identificación y cuantificación de los factores de riesgo asociados a los accidentes de tráfico mediante el uso de redes neuronales artificiales, específicamente el Multilayer Perceptron (MLP). Los cuales desarrollan un modelo predictivo que evalúa el riesgo de accidentes en función de múltiples variables, tales como las características del conductor, las condiciones meteorológicas, el estado de la infraestructura vial y las condiciones de tráfico. Al integrar estos factores en un único marco de evaluación, el modelo permite identificar las áreas y situaciones con mayor probabilidad de generar accidentes, lo que facilita la implementación de medidas preventivas y correctivas.

Una de las principales ventajas del Modelo MLP es su capacidad para aprender y adaptarse a nuevos datos, lo que lo hace altamente eficaz para la evaluación del riesgo en entornos dinámicos y en constante cambio, como las redes viales. La red neuronal Multilayer Perceptron utilizada por Yan et al. (2023) se entrena con datos históricos de accidentes y otras variables relevantes, lo que le permite modelar las relaciones no lineales y las interacciones complejas entre los diferentes factores de riesgo. Este enfoque proporciona una evaluación más precisa del peligro potencial en diferentes escenarios y condiciones, permitiendo una predicción más confiable de los accidentes, tanto en zonas con alta densidad de tráfico como en áreas rurales o menos transitadas. Además, la capacidad de personalizar y actualizar el modelo con nuevos datos mejora la precisión de las predicciones a lo largo del tiempo.

El modelo también incorpora un componente de toma de decisiones que facilita la intervención proactiva por parte de los gestores de tráfico y las autoridades viales. Al identificar las zonas y situaciones con mayor riesgo de accidentes, los responsables pueden priorizar las inversiones en infraestructura, ajustar los límites de velocidad, mejorar la señalización o realizar campañas de concientización sobre seguridad vial. A través de su capacidad para integrar múltiples variables y su flexibilidad para adaptarse a diferentes contextos, el Modelo MLP – Yan et al. (2023) ofrece una herramienta poderosa para la gestión del riesgo vial, contribuyendo a la reducción de accidentes y la mejora general de la seguridad en las carreteras. En resumen, este enfoque combina la potencia de la inteligencia artificial con el análisis de datos reales para crear un modelo predictivo de gran aplicabilidad y efectividad en la evaluación de riesgos en el ámbito del transporte.

#### **4.5. Técnicas de recolección y procesamiento de la de información**

El diseño de curvas cerradas en carreteras de montañas, requieren una orientación de mayor importancia en las curvas tipo horquilla en las cuales el radio de curvatura va de 10 m a 20 m y su ángulo de giro debería ser de  $180^\circ$ . Existen parámetros también de importancia que garantizan la circulación vehicular de manera fluida y segura sin comprometer la estabilidad de la misma, teniendo en cuenta que las condiciones del pavimento influyen directamente en la capacidad de los conductores para maniobrar de manera segura.

Por lo tanto en este punto tomamos en cuenta al coeficiente de seguridad ya que es un criterio esencial para asegurar la fricción adecuada entre los neumáticos del vehículo y el pavimento, para esto se tiene en cuenta las condiciones del pavimento ya que puede estar

seco, mojado o con hielo y de esto dependerá la estabilidad del automotor, ya que se puede ver significativamente afectado.

Si hablamos de la velocidad de operación (V85), según la *tabla 5*, se puede decir que es la que la mayoría de los conductores mantienen en una sección vial, reflejando así el comportamiento típico en condiciones normales de tráfico. Teniendo así que la diferencia entre la velocidad de operación (V85) y la velocidad de diseño (Vd) es un indicador del grado de conformidad con el diseño vial.

teniendo en cuenta que se considera como valor bueno a  $\leq 10$  km/h, como valor aceptable 10-20 km/h y finalmente como valor pobre a  $> 20$  km/h.

*Tabla 5 Técnicas de recolección y procesamiento de la información*

<b>Criterio/Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Indicador</b>	<b>Rango o Valor</b>	<b>Referencia Bibliográfica</b>
<b>Diseño de curvas cerradas</b>	Curvas de tipo horquilla en carreteras de montaña	Radio de curvatura y ángulo de giro	Radios mínimos: 10-20m, Ángulos de giro: 180°	Ciampa & Olita (2022)
<b>Velocidad de operación (V85)</b>	Velocidad que refleja el comportamiento típico de los conductores en una sección vial	Diferencia entre V85 y Vd	$\leq 10$ km/h (buena), 10-20 km/h (aceptable), $> 20$ km/h (pobre)	Nama et al. (2016)
<b>Coefficiente de seguridad en curvas</b>	Relación entre el coeficiente de fricción y la estabilidad del vehículo en curvas	Coefficiente de fricción lateral	Según condiciones del pavimento (seco, mojado, con hielo)	Yan et al. (2023)
<b>Diferencia de velocidad entre elementos</b>	Evaluación de los cambios bruscos de velocidad en tramos consecutivos	Diferencia de velocidad entre elementos consecutivos (V85 <sub>i+1</sub> - V85 <sub>i</sub> )	$\leq 10$ km/h (buena), 10-20 km/h (aceptable), $> 20$ km/h (pobre)	Nama et al. (2016)
<b>Riesgo de accidentes</b>	Relación entre las características geométricas y la probabilidad de ocurrencia de accidentes.	Predicción de accidentes con MLP	0% (seguro), $> 0\%$ (inseguro)	Yan et al. (2023)
<b>Radio mínimo de curvatura horizontal</b>	Radio mínimo de curvatura que permite el tránsito seguro a la velocidad de diseño	Cumplimiento del radio mínimo según normativa	Según el peralte y la fricción establecidos por el MOP 2003	MOP 2003, Ciampa & Olita (2022)
<b>Peralte de curva</b>	Inclinación transversal de la calzada en las curvas	Cumplimiento del valor máximo de peralte (10%)	$\leq 10\%$	Yan et al. (2023), MOP 2003

## Capítulo IV

### 5. Análisis e interpretación de Resultados

#### 5.1. Diseño de curvas cerradas

##### 5.1.1. Características de las curvas cerradas:

En el tramo de estudio Vía San Tintín- Porvenir la cual consta de 8.65 km, en la cual tomamos 37 curvas para realizarle el respectivo análisis de las siguientes variables : Diseño de curvas cerradas, velocidad de operación (V85), coeficiente de seguridad en curvas, Radio mínimo de curvatura horizontal, peralte de curva; debido a que son las características de mayor importancia para garantizar la seguridad del usuario en las condiciones la cual se encuentra la vía , ya que del total del tramo en estudio aproximadamente 4.4 km de la vía se encuentra en pésimo estado y sin uso, debido a que cuando se llega al río Casacay , debido a los temporales de invierno el caudal del río aumenta y se hace imposible el acceso como se observa en la figura 4.

*Figura 4 Rio Casacay*



Para la recopilación de datos se la realizo con una estación RTK South Galaxy G1, lo cual nos permitió optimizar el levantamiento de los datos necesarios, ya que esto nos permitió obtener datos geospaciales ofreciéndonos alta precisión, ahorro de tiempo, mayor seguridad y eficiencia en el trabajo de campo ya que contábamos con un terreno con bastante complejidad y en ciertos tramos de difícil acceso

A continuación, en la tabla 6, se muestra las características principales de las curvas tomadas para su respectivo análisis:

Tabla 6 Características de las curvas cerradas

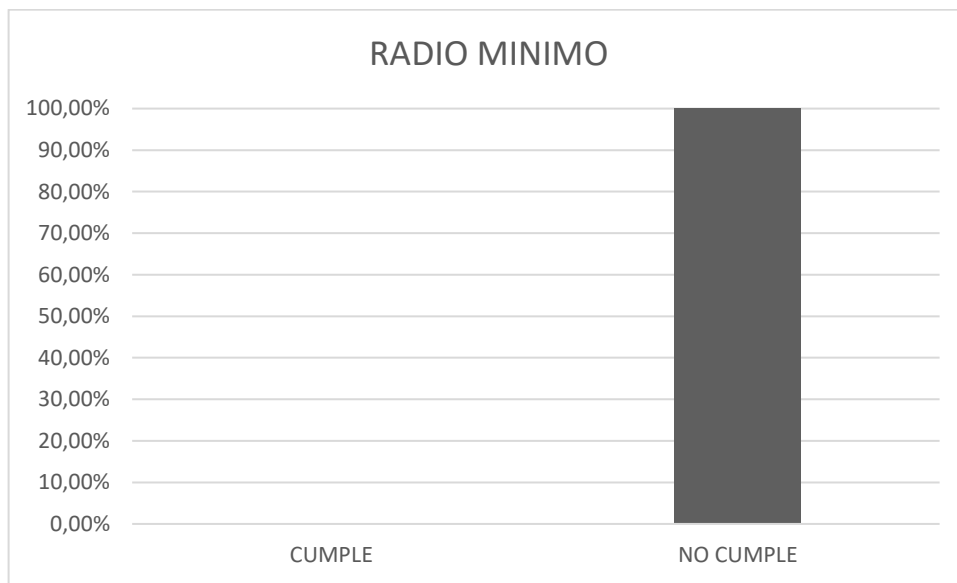
# Orden de curva	Nº DE CURVA	Ángulo incluido de PI	Radio	Tangente	Longitud (m)	EXT.
1	8	65.8356 (g)	40	61.788m	79.702	18.26
2	10	55.5187 (g)	15	28.499m	32.589	8.01
3	16	75.4147 (g)	10.765	13.925m	19.65	4.18
4	22	88.7373 (g)	10.765	11.005m	17.147	3.24
5	30	80.8165 (g)	9.833	11.551m	17.022	3.46
6	44	90.4098 (g)	27	26.808m	42.218	7.84
7	56	94.8834 (g)	11.5	10.559m	17.084	3.03
8	82	6.6466 (g)	3.032	52.219m	9.174	2.86
9	92	88.4206 (g)	47.5	48.828m	75.922	14.38
10	98	77.3570 (g)	13.8	17.238m	24.722	5.18
11	108	72.3010 (g)	11.5	15.741m	21.617	4.72
12	120	64.7184 (g)	10.672	16.843m	21.473	4.96
13	124	18.2898 (g)	12.8	79.514m	36.126	10.77
14	132	19.5171 (g)	9.246	53.760m	25.898	7.68
15	134	39.9678 (g)	10.948	30.105m	26.756	7.21
16	137	98.8480 (g)	20.023	17.147m	28.359	4.82
17	139	88.4010 (g)	17.737	18.239m	28.356	5.37
18	142	77.3078 (g)	54.045	67.570m	96.865	20.29
19	148	66.4288 (g)	16.644	25.421m	32.992	7.53
20	158	62.7115 (g)	14.561	23.896m	29.807	6.98
21	164	57.0975 (g)	9	16.542m	19.305	4.70
22	166	108.7409 (g)	20	14.334m	24.874	3.74
23	168	127.1427 (g)	47	23.360m	43.359	4.91
24	174	122.3225 (g)	31.277	17.222m	31.485	3.88
25	183	78.1169 (g)	18	22.182m	32.008	6.66
26	197	68.4312 (g)	18	26.471m	35.05	7.88
27	199	110.9031 (g)	37	25.475m	44.621	6.53
28	201	104.5135 (g)	20	15.482m	26.35	4.19
29	205	18.3537 (g)	10.384	64.280m	29.297	8.73
30	211	109.3618 (g)	40.242	28.513m	49.613	7.41
31	215	100.2391 (g)	19.21	16.051m	26.742	4.47
32	219	105.6843 (g)	15	11.368m	19.456	3.05
33	221	43.7255 (g)	32.094	79.985m	76.333	20.14
34	223	102.4950 (g)	57.217	45.926m	77.399	12.60
35	229	99.1052 (g)	9	7.672m	12.707	2.15
36	253	75.5897 (g)	13	16.763m	23.69	5.03
37	255	101.2299 (g)	12.5	10.262m	17.185	2.84

FUENTE: Elaboración Propia (2025)

## 5.2. Radio de curvatura y ángulo de giro

En la evaluación de los radios de curvas horizontales se considera lo escrito en la MOP (2003) del 10 a 20 metros tenemos un peralte máximo de 10%, según la cual si nos regimos a estos criterios garantizaremos un adecuado diseño vial para los vehículos. En la Tabla No. 2 en la cual realizamos la evaluación de radios mínimos de giro con respecto a la normativa se indica que 37 de las curvas en estudio no cumple con los requisitos mínimos establecidos, esto indica que el diseño actual de la vía presenta deficiencias significativas en la geometría de la misma, lo que indica en el riesgo de accidentes es muy elevado, especialmente en la temporada de invierno en el sitio de estudio.

Figura 5. Porcentaje de Radio de curvatura y ángulo de giro



Fuente: Elaboración Propia (2025)

Tabla 7 Evaluación de Radios Mínimos

# Orden de curva	No de Curva	Radio Medido R (m)	PC	PT	PI	Radio Mínimo de curvatura (m)	Cumple/ No cumple
1	8	40.00	0+443.15m	0+522.85m	0+504.93m	115.79	NO CUMPLE
2	10	15.00	0+640.37m	0+672.96m	0+668.87m	37.30	NO CUMPLE
3	16	10.77	0+918.79m	0+938.44m	0+932.72m	25.90	NO CUMPLE
4	22	10.77	1+116.96m	1+134.10m	1+127.96m	28.95	NO CUMPLE
5	30	9.83	1+233.42m	1+250.44m	1+244.97m	28.95	NO CUMPLE
6	44	27.00	1+518.85m	1+561.07m	1+545.66m	41.69	NO CUMPLE
7	56	11.50	1+796.39m	1+813.47m	1+806.94m	28.95	NO CUMPLE
8	82	3.03	2+359.93m	2+369.10m	2+412.15m	18.53	NO CUMPLE
9	92	47.50	2+617.63m	2+693.56m	2+666.46m	103.61	NO CUMPLE
10	98	13.80	2+873.43m	2+898.15m	2+890.67m	25.90	NO CUMPLE



11	108	11.50	3+185.42m	3+207.04m	3+201.16m	25.90	NO CUMPLE
12	120	10.67	3+604.33m	3+625.81m	3+621.18m	28.95	NO CUMPLE
13	124	12.80	3+720.83m	3+756.96m	3+800.35m	28.95	NO CUMPLE
14	132	9.25	4+034.84m	4+060.73m	4+088.60m	16.58	NO CUMPLE
15	134	10.95	4+090.82m	4+117.58m	4+120.92m	28.95	NO CUMPLE
16	137	20.02	4+271.28m	4+299.64m	4+288.43m	37.30	NO CUMPLE
17	139	17.74	4+308.97m	4+337.33m	4+327.21m	35.43	NO CUMPLE
18	142	54.05	4+388.01m	4+484.88m	4+455.58m	103.61	NO CUMPLE
19	148	16.64	4+564.19m	4+597.18m	4+589.61m	28.95	NO CUMPLE
20	158	14.56	4+863.13m	4+892.93m	4+887.02m	28.95	NO CUMPLE
21	164	9.00	5+049.17m	5+068.47m	5+065.71m	18.53	NO CUMPLE
22	166	20.00	5+129.77m	5+154.64m	5+144.10m	41.69	NO CUMPLE
23	168	47.00	5+166.96m	5+210.31m	5+190.32m	115.79	NO CUMPLE
24	174	31.28	5+643.88m	5+675.37m	5+661.10m	56.74	NO CUMPLE
25	183	18.00	6+075.02m	6+107.02m	6+097.20m	41.69	NO CUMPLE
26	197	18.00	6+285.17m	6+320.22m	6+311.64m	37.30	NO CUMPLE
27	199	37.00	6+340.90m	6+385.52m	6+366.37m	50.77	NO CUMPLE
28	201	20.00	6+411.10m	6+437.45m	6+426.58m	37.30	NO CUMPLE
29	205	10.38	6+517.80m	6+547.09m	6+582.08m	24.61	NO CUMPLE
30	211	40.24	6+696.41m	6+746.02m	6+724.92m	115.79	NO CUMPLE
31	215	19.21	6+759.83m	6+786.58m	6+775.89m	37.30	NO CUMPLE
32	219	15.00	6+821.89m	6+841.34m	6+833.25m	28.95	NO CUMPLE
33	221	32.09	6+854.88m	6+931.22m	6+934.87m	56.74	NO CUMPLE
34	223	57.22	6+988.59m	7+065.99m	7+034.51m	115.79	NO CUMPLE
35	229	9.00	7+180.61m	7+193.32m	7+188.29m	18.53	NO CUMPLE
36	253	13.00	7+759.55m	7+783.24m	7+776.31m	25.90	NO CUMPLE
37	255	12.50	7+815.26m	7+832.44m	7+825.52m	25.90	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia (2025)

### 5.3. Velocidad de operación V85

La velocidad de operación 85 se la obtuvo a lo largo de la alineación tomada en el eje de la vía en estudio según (Lamm et al., 1999), con la cual podemos estimar de manera precisa la velocidad adecuada en función a varios factores geométricos. El modelo utilizado para la evaluación del comportamiento de los vehículos que transitan en vías en carreteras de montaña, en ciertos tramos específicos, como son las curvas cerradas en horquilla o a su vez se caracteriza las curvas según su radio medido. En la TABLA 8 se observa dos modelos de cálculos según (Lamm et al., 1999) para la obtención de las velocidades de operación, tanto en curvas como en tangentes, las cuales sirven como referencia al momento de revisar el parámetro de seguridad y eficiencia.

Tabla 8 Modelos para el cálculo de operación en función del trazado en planta.

AÑO	AUTOR	ECUACION	R <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
1990	Lamm et al.	$V_{85} = 94.398 - \frac{3188.656}{R}$	0.79	Para las velocidades inferiores a 94 km/h, datos en 322 curvas
1999	Lamm et al.	$V_{85} = 94.398 - 1.597 G_c$	0.79	

Fuente: Lamm, (1999)

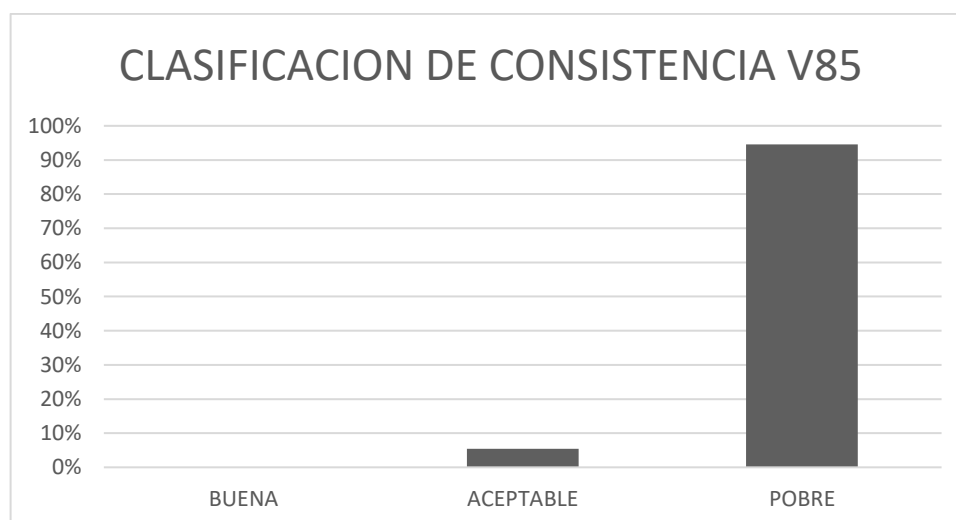
Tabla 9 Criterio I de Lamm

BUENO	ACEPTABLE	POBRE
$ V_{85} - V_d  \leq 10 \text{ [km/h]}$	$10 <  V_{85} - V_d  \leq 20 \text{ [km/h]}$	$ V_{85} - V_d  > 20 \text{ [km/h]}$

Fuente: Lamm (1999).

Como punto de importancia en este parámetro se toma énfasis en el Criterio I - según el método de Lamm (1990), en la cual podemos observar la diferencia entre la velocidad de operación 85 y la velocidad de diseño establecida, que finalmente veremos reflejadas en la cuadro de porcentaje No. 5 , la cual nos indica de manera cuantitativa los valores de consistencia de la velocidad 85, en la cual podemos apreciar que el 95% de las curvas en estudio tienen una consistencia pobre y solo un 5% de los datos analizados tienen una consistencia aceptable, por lo cual se necesita analizar otros parámetros para corregir los factores erróneos y llegar a garantizar un diseño de vía adecuada.

Figura 6. Porcentaje de clasificación de consistencia de V85



Fuente: Elaboración Propia (2025)

Tabla 10 Evaluación de la consistencia basada en la velocidad de operación en curvas horizontales

# Orden de curva	Curva	Radio Medido R (m)	Vel. Operación V85 (km/h)	Vel. Diseño V <sub>d</sub> (km/h)	Diferencia V85-V <sub>d</sub> (km/h)	Clasificación de Consistencia
1	8	40	14.68	50	35.32	POBRE
2	10	15	0.00	30	30.00	POBRE
3	16	10.765	0.00	25	25.00	POBRE
4	22	10.765	0.00	25	25.00	POBRE
5	30	9.833	0.00	25	25.00	POBRE
6	44	27	0.00	30	30.00	POBRE
7	56	11.5	0.00	25	25.00	POBRE
8	82	3.032	0.00	20	20.00	POBRE
9	92	47.5	27.27	50	22.73	POBRE
10	98	13.8	0.00	25	25.00	POBRE
11	108	11.5	0.00	25	25.00	POBRE
12	120	10.672	0.00	25	25.00	POBRE
13	124	12.8	0.00	25	25.00	POBRE
14	132	9.246	0.00	20	20.00	POBRE
15	134	10.948	0.00	25	25.00	POBRE
16	137	20.023	0.00	30	30.00	POBRE
17	139	17.737	0.00	30	30.00	POBRE
18	142	54.045	35.40	50	14.60	ACEPTABLE
19	148	16.644	0.00	25	25.00	POBRE
20	158	14.561	0.00	25	25.00	POBRE
21	164	9	0.00	20	20.00	POBRE
22	166	20	0.00	30	30.00	POBRE
23	168	47	26.55	50	23.45	POBRE
24	174	31.277	0.00	35	35.00	POBRE
25	183	18	0.00	30	30.00	POBRE
26	197	18	0.00	30	30.00	POBRE
27	199	37	8.22	35	26.78	POBRE
28	201	20	0.00	30	30.00	POBRE
29	205	10.384	0.00	25	25.00	POBRE
30	211	40.242	15.16	50	34.84	POBRE
31	215	19.21	0.00	30	30.00	POBRE
32	219	15	0.00	25	25.00	POBRE
33	221	32.094	0.00	35	35.00	POBRE
34	223	57.217	38.67	50	11.33	ACEPTABLE
35	229	9	0	20	20.00	POBRE
36	253	13	0	25	25.00	POBRE
37	255	12.5	0	25	25.00	POBRE
				<b>Promedio ΔV</b>	26.06	POBRE

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4. Radio mínimo de curvatura horizontal

Para determinar el radio mínimo, según Ciampa & Olita (2022) y la (MTO, 2003), en primer lugar, establezco la velocidad de diseño de la vía en función de su jerarquía y las condiciones del terreno. A continuación, selecciono los valores establecidos por el MOP para el peralte máximo y el coeficiente de fricción lateral, ajustados a la velocidad y el tipo de carretera. Con estos parámetros, evalúo cómo la velocidad y las fuerzas dinámicas impactan en la estabilidad del vehículo, considerando factores como el peso, la inclinación de la vía y las condiciones climáticas. Finalmente, empleo estos datos para calcular un radio que cumpla con las normativas técnicas, garantizando no solo el cumplimiento de los requisitos normativos, sino también la seguridad y operatividad de la vía en condiciones reales. En caso necesario, ajusto el diseño para mitigar riesgos potenciales, como derrapes o vuelcos, asegurando una infraestructura vial eficiente y segura.

Estos resultados evidencian una proporción considerable de deficiencias en el diseño de la velocidad, lo cual podría tener implicaciones negativas para la seguridad y el confort de los usuarios al transitar por estas curvas. El hecho de que una parte significativa de las curvas no cumpla con los parámetros establecidos resalta la necesidad de revisar y ajustar el diseño de los peraltes y radios en ciertas secciones de la vía para garantizar una mejor experiencia de conducción y reducir riesgos potenciales asociados a la estabilidad y el control del vehículo en las curvas.

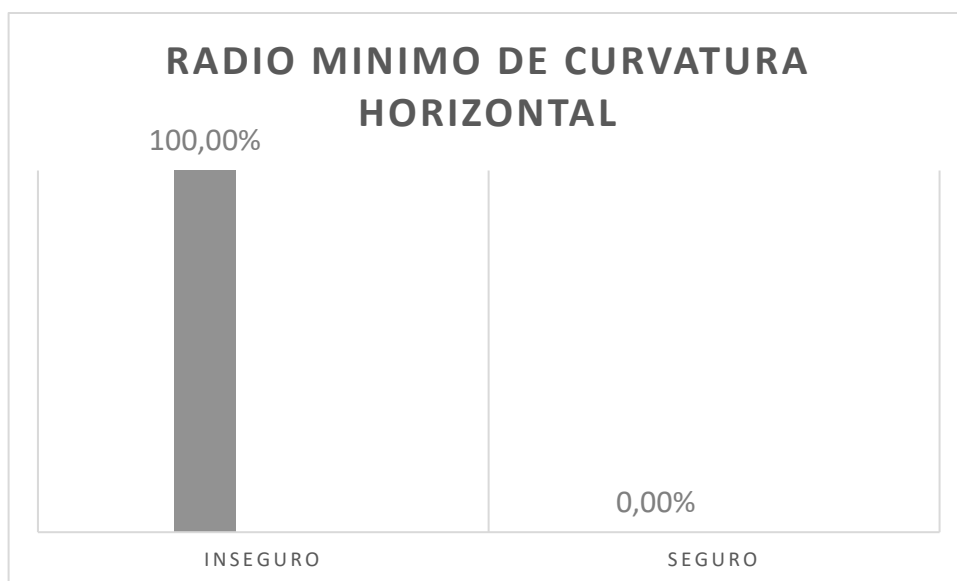
*Tabla 11 Evaluación de radio mínimo*

# Orden de curva	No de Curva	Vel. Operación V85 (km/h)	Radio Medido R (m)	Peralte e	Fricción Lateral f	Vel. Diseño Vd (km/h)	Radio Minimo de curvatura (m)	Seguro / Inseguro
1	8	14.68	40	0.02	0.15	50	115.79	Inseguro
2	10	0.00	15	0.04	0.15	30	37.30	Inseguro
3	16	0.00	10.765	0.04	0.15	25	25.90	Inseguro
4	22	0.00	10.765	0.02	0.15	25	28.95	Inseguro
5	30	0.00	9.833	0.02	0.15	25	28.95	Inseguro
6	44	0.00	27	0.02	0.15	30	41.69	Inseguro
7	56	0.00	11.5	0.02	0.15	25	28.95	Inseguro
8	82	0.00	3.032	0.02	0.15	20	18.53	Inseguro
9	92	27.27	47.5	0.04	0.15	50	103.61	Inseguro
10	98	0.00	13.8	0.04	0.15	25	25.90	Inseguro

11	108	0.00	11.5	0.04	0.15	25	25.90	Inseguro
12	120	0.00	10.672	0.02	0.15	25	28.95	Inseguro
13	124	0.00	12.8	0.02	0.15	25	28.95	Inseguro
14	132	0.00	9.246	0.04	0.15	20	16.58	Inseguro
15	134	0.00	10.948	0.02	0.15	25	28.95	Inseguro
16	137	0.00	20.023	0.04	0.15	30	37.30	Inseguro
17	139	0.00	17.737	0.05	0.15	30	35.43	Inseguro
18	142	35.40	54.045	0.04	0.15	50	103.61	Inseguro
19	148	0.00	16.644	0.02	0.15	25	28.95	Inseguro
20	158	0.00	14.561	0.02	0.15	25	28.95	Inseguro
21	164	0.00	9	0.02	0.15	20	18.53	Inseguro
22	166	0.00	20	0.02	0.15	30	41.69	Inseguro
23	168	26.55	47	0.02	0.15	50	115.79	Inseguro
24	174	0.00	31.277	0.02	0.15	35	56.74	Inseguro
25	183	0.00	18	0.02	0.15	30	41.69	Inseguro
26	197	0.00	18	0.04	0.15	30	37.30	Inseguro
27	199	8.22	37	0.04	0.15	35	50.77	Inseguro
28	201	0.00	20	0.04	0.15	30	37.30	Inseguro
29	205	0.00	10.384	0.05	0.15	25	24.61	Inseguro
30	211	15.16	40.242	0.02	0.15	50	115.79	Inseguro
31	215	0.00	19.21	0.04	0.15	30	37.30	Inseguro
32	219	0.00	15	0.02	0.15	25	28.95	Inseguro
33	221	0.00	32.094	0.02	0.15	35	56.74	Inseguro
34	223	38.67	57.217	0.02	0.15	50	115.79	Inseguro
35	229	0	9	0.02	0.15	20	18.53	Inseguro
36	253	0	13	0.04	0.15	25	25.90	Inseguro
37	255	0	12.5	0.04	0.15	25	25.90	Inseguro

Fuente: Elaboración Propia

Figura 7 Radio mínimo de curvatura horizontal



Fuente: Elaboración Propia

## 5.5. Peralte de curva

La evaluación de los peraltes de las curvas se llevó a cabo mediante una comparación entre el peralte calculado según las directrices del (MTO, 2003) y el peralte diseñado para cada curva. De acuerdo con los criterios establecidos en el Manual de Obras Públicas (MOP) y las recomendaciones de Yan et al. (2023), se analizó la adecuación del peralte en relación con los requisitos de seguridad. En base a la Tabla 9, que presenta los resultados de las 37 curvas evaluadas, se observa que de ellas, (100%) cumplen con los estándares de seguridad establecidos, lo que indica que el peralte diseñado satisface las condiciones mínimas requeridas., así que cumplen con el diseño del peralte es adecuado y se ajusta a las normativas vigentes.

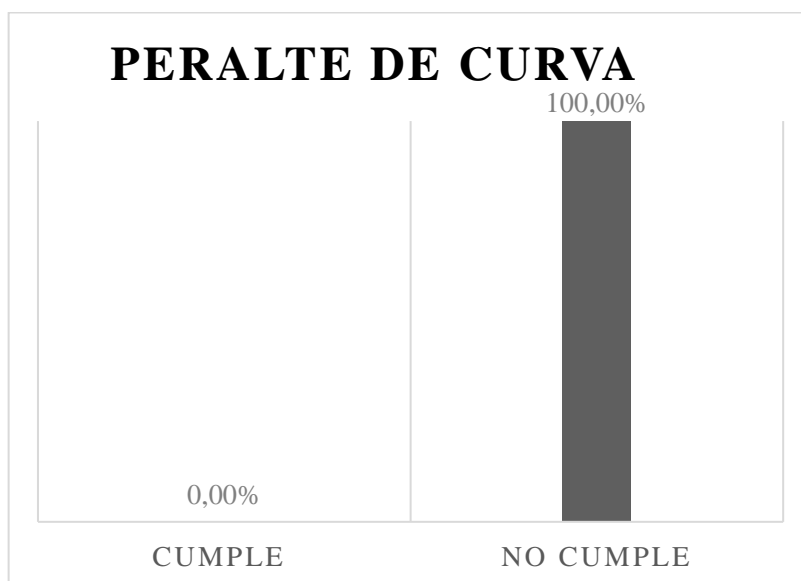
Tabla 12 Evaluación de Peralte

# Orden de Curva	Curva	Peralte e	Peralte Maximo (e max)	CUMPLE / NO CUMPLE
1	8	0.02	10	CUMPLE
2	10	0.04	10	CUMPLE
3	16	0.04	10	CUMPLE
4	22	0.02	10	CUMPLE
5	30	0.02	10	CUMPLE
6	44	0.02	10	CUMPLE
7	56	0.02	10	CUMPLE
8	82	0.02	10	CUMPLE
9	92	0.04	10	CUMPLE
10	98	0.04	10	CUMPLE
11	108	0.04	10	CUMPLE
12	120	0.02	10	CUMPLE
13	124	0.02	10	CUMPLE
14	132	0.04	10	CUMPLE
15	134	0.02	10	CUMPLE
16	137	0.04	10	CUMPLE
17	139	0.05	10	CUMPLE

18	142	0.04	10	CUMPLE
19	148	0.02	10	CUMPLE
20	158	0.02	10	CUMPLE
21	164	0.02	10	CUMPLE
22	166	0.02	10	CUMPLE
23	168	0.02	10	CUMPLE
24	174	0.02	10	CUMPLE
25	183	0.02	10	CUMPLE
26	197	0.04	10	CUMPLE
27	199	0.04	10	CUMPLE
28	201	0.04	10	CUMPLE
29	205	0.05	10	CUMPLE
30	211	0.02	10	CUMPLE
31	215	0.04	10	CUMPLE
32	219	0.02	10	CUMPLE
33	221	0.02	10	CUMPLE
34	223	0.02	10	CUMPLE
35	229	0.02	10	CUMPLE
36	253	0.04	10	CUMPLE
37	255	0.04	10	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

*Figura 8 Peralte de curva*



Fuente: Elaboración Propia

## 5.6. Aplicación para Procesamiento de Datos y Validación Estadística

### 5.6.1. Análisis y Resultados

El procesamiento de los datos obtenidos en la evaluación del diseño geométrico de curvas cerradas (Hairpin Bends) y la consistencia del diseño geométrico requiere aplicar técnicas estadísticas para obtener resultados confiables y publicables. Por lo tanto en la evaluación del trazado geométrico y de los radios de curvas de una carretera de montaña se considera desde los 20 km/h – 50 km/h según el (MTOP, 2003) en nuestro caso existen diferente tipos de velocidad de diseño ya que su radio de curva en varios tramos es diferente y van desde los 20 km/h, continuando con los 30km/h, y así sucesivamente hasta llegar a la velocidad máxima de diseño de 50 km/ h.

*Tabla 13 Datos recopilados*

# Orden de curva	Curva	V85 (km/h)	Vd (km/h)	R (m)	Peralte e (%)	Longitud L (m)	Visibilidad Dv (m)
1	8	30.62	50	40.00	0.02	79.702	18.263
2	10	0.00	30	15.00	0.04	32.589	8.014
3	16	0.00	25	10.77	0.04	19.65	4.181
4	22	0.00	25	10.77	0.02	17.147	3.237
5	30	0.00	25	9.83	0.02	17.022	3.459
6	44	0.00	30	27.00	0.02	42.218	7.84
7	56	0.00	25	11.50	0.02	17.084	3.029
8	82	0.00	20	3.03	0.02	9.174	2.856
9	92	30.62	50	47.50	0.04	75.922	14.379
10	98	0.00	25	13.80	0.04	24.722	5.176
11	108	0.00	25	11.50	0.04	21.617	4.716
12	120	0.00	25	10.67	0.02	21.473	4.96
13	124	0.00	25	12.80	0.02	36.126	10.766
14	132	0.00	20	9.25	0.04	25.898	7.679
15	134	0.00	25	10.95	0.02	26.756	7.206
16	137	0.00	30	20.02	0.04	28.359	4.815
17	139	0.00	30	17.74	0.05	28.356	5.371
18	142	30.62	50	54.05	0.04	96.865	20.288
19	148	0.00	25	16.64	0.02	32.992	7.527
20	158	0.00	25	14.56	0.02	29.807	6.984



21	164	0.00	20	9.00	0.02	19.305	4.699
22	166	0.00	30	20.00	0.02	24.874	3.744
23	168	30.62	50	47.00	0.02	43.359	4.912
24	174	0.00	35	31.28	0.02	31.485	3.879
25	183	0.00	30	18.00	0.02	32.008	6.658
26	197	0.00	30	18.00	0.04	35.05	7.878
27	199	3.29	35	37.00	0.04	44.621	6.525
28	201	0.00	30	20.00	0.04	26.35	4.185
29	205	0.00	25	10.38	0.05	29.297	8.728
30	211	30.62	50	40.24	0.02	49.613	7.407
31	215	0.00	30	19.21	0.04	26.742	4.469
32	219	0.00	25	15.00	0.02	19.456	3.045
33	221	0.00	35	32.09	0.02	76.333	20.142
34	223	30.62	50	57.22	0.02	77.399	12.596
35	229	0	20	9.00	0.02	12.707	2.151
36	253	0	25	13.00	0.04	23.69	5.033
37	255	0	25	12.50	0.04	17.185	2.839

Fuente: Elaboración Propia

La velocidad promedio V85 registrada en nuestro proyecto es de 23.71 km/h, por lo cual nos vemos en la necesidad de reducir la velocidad drásticamente al transitar por las curvas, esto en su mayor parte se encuentra asociado con el radio insuficiente de cada curva. Al calcular la mediana y la moda de las velocidades son de 0.0 km, lo que nos indica que en ciertas curvas los vehículos frenan obligatoriamente.

Además, tenemos una desviación estándar de 4.58 km/h y un coeficiente de variación del 19.31 %, lo que nos indica que las velocidades no son excesivamente variables y los vehículos tienden a mantenerse cerca de la velocidad promedio, lo cual se ve reflejado en una dispersión levemente notoria tal como lo demostramos en la Ilustración No. 6.

Si hablamos del coeficiente de Pearson, se dice que tendríamos una correlación alta, la que interpretamos que debe existir una relación fuerte entre las variables estudiadas, lo cual nos ayudaría para análisis futuros, como la relación entre el tráfico y la velocidad o factores externos que afecten la misma.

En la Figura 9. Dispersión de V85-Vd (km/h), vemos que tenemos tres variables presentes: velocidad operacional V85, radio medido y orden de curva. De la cual podemos decir que el orden de la curva es el número que nosotros le hemos designado a las curvas en estudio para obtener un gráfico mejor apreciable, ya que por otra parte tenemos el número real en sentido Porvenir – San Tin Tin, de cada una de nuestras curvas al largo de nuestro tramo de estudio, como se puede apreciar en la siguiente tabla 14.

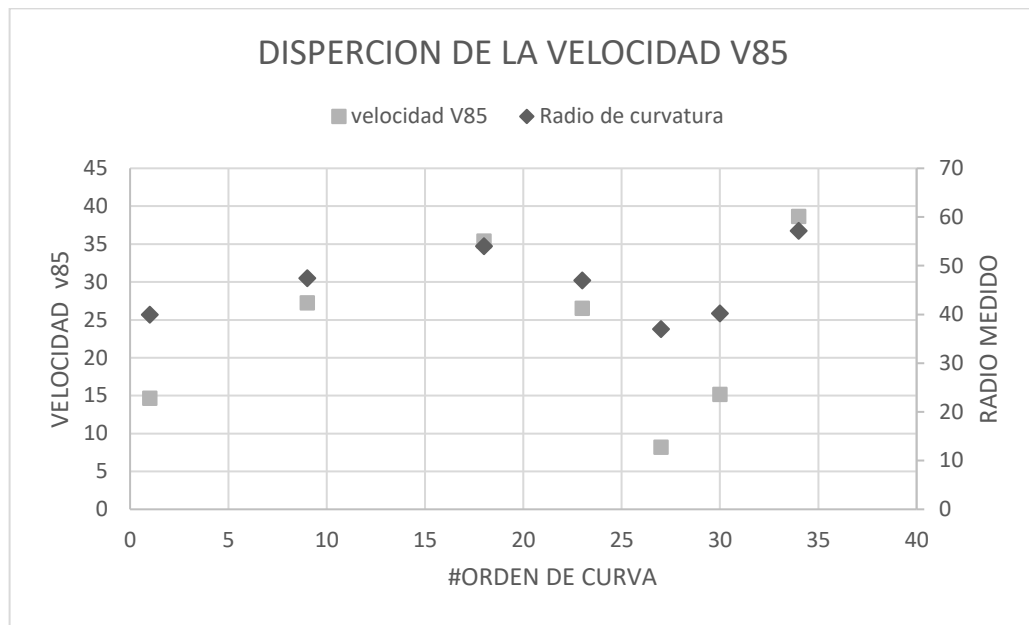
Tabla 14 Orden de Curva - No. real de la curva sentido Porvenir - San Tin Tin

ORDEN DE CURVA	Nº DE CURVA	ORDEN DE CURVA	Nº DE CURVA
1	8	20	158
2	10	21	164
3	16	22	166
4	22	23	168
5	30	24	174
6	44	25	183
7	56	26	197
8	82	27	199
9	92	28	201
10	98	29	205
11	108	30	211
12	120	31	215
13	124	32	219
14	132	33	221
15	134	34	223
16	137	35	229
17	139	36	253
18	142	37	255
19	148		

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados evaluados nos indican que 3 de las curvas en estudios necesitan una revisión profunda en detalles tales como radio mínimo, y peralte, para así llegar a entrar a los parámetros mínimos de velocidad en carreteras de montaña basándonos en los criterios de Ciampa & Olita (2022), necesitando así un rediseño de las mismas y con esto lograremos mejorar el diseño y permitiremos la habilitación del tramo de vía que, debido a los factores antes mencionados, en tiempo de invierno se ha procedido a no usar cierto tramo de vía. Por otra parte los demás curvas en estudio, las cuales si cumplen con el margen mínimo tienen una relación, en la que puede decir que la Velocidad operacional tiende a aumentar cuando el radio de curva es mayor, con esto comprobando la lógica esperada en un diseño vial adecuado.

Figura 9. Dispersión de V85–Vd (km/h)



**Fuente:** Elaboración propia

En nuestro tramo de Vía San Tin Tin – Porvenir de 8.65 km después de haber analizado las diferentes variables, notamos que el diseño geométrico es ineficiente ya que el 95 % de las curvas en estudio no cumplen con el radio mínimo de curvatura como lo menciona la (MTOP, 2003) , y esto a su vez da a lugar que solo un 5% de las curvas puedan tener una consistencia aceptable, en cuanto al perlarte no hay mucho que decir ya que todas las curvas si cumplen con los valores máximo, lo cual por esta parte podemos decir que este parámetro de evolución si se ajusta a las normativas vigentes n lo que contribuye a las seguridad del usuario dentro de la vía. .

Por otra parte, la velocidad de operación V85 vemos que es moderada y consistente a lo largo de la vía, ya que tenemos que el promedio de velocidad es 25.81 km/ H. A pesar de tener variaciones de velocidad en ciertas curvas, tomando en cuenta el valor de correlación de Pearson (0.899) nos indica una fuerte relación positiva entre las variables analizadas.

Hay que tener en cuenta un aspecto importante que se destaca en el análisis que es de 4.4 km del tramo de estudio se encuentra en estado pésimo debido al poco uso y manteniendo que se le da a ese tramo debido en variadas ocasiones las condiciones climáticas no son las más optimas.

Para la evaluación del trazado geométrico de la vía San Tintín – Porvenir se genera la propuesta de generar un rediseño del trazado de las curvas en estudio para mejorar las

condiciones geométricas actuales, guiándonos en las Normas del (MTO, 2003) y (Ecuatoriana Vial, n.d.) para así cumplir con los parámetros geométricos establecidos.

En la tabla 14 se muestra los resultados obtenidos, en los cuales se indica que valores se debe usar para que la información establecida cumpla con criterios técnicos para el diseño de carreteras y caminos según la (MTO, 2003) y (Lamm et al., 1999)

Como se puede observar en las curvas descritas en la propuesta actual, todas cumplen con el radio mínimo de curvatura, así garantizándonos una adecuada circulación vehicular.

*Tabla 15 Resumen de los elementos de la propuesta de rediseño de curvas en horquillas*

# Orden de curva	Curva	Radio Mínimo de curvatura (m)	Peralte e	Fricción Lateral f	Vel. Diseño Vd (km/h)	Cumple/ No cumple
1	8	103.61	0.04	0.15	50	Seguro
2	10	50.77	0.04	0.15	35	Seguro
3	16	85.59	0.08	0.15	50	Seguro
4	22	85.59	0.08	0.15	50	Seguro
5	30	85.59	0.08	0.15	50	Seguro
6	44	93.74	0.06	0.15	50	Seguro
7	56	93.74	0.06	0.15	50	Seguro
8	82	85.59	0.08	0.15	50	Seguro
9	92	85.59	0.08	0.15	50	Seguro
10	98	45.93	0.06	0.15	50	Seguro
11	108	45.93	0.06	0.15	50	Seguro
12	120	54.78	0.08	0.15	50	Seguro
13	124	54.78	0.08	0.15	50	Seguro
14	132	54.78	0.08	0.15	50	Seguro
15	134	54.78	0.08	0.15	50	Seguro
16	137	50.77	0.04	0.15	50	Seguro
17	139	48.23	0.05	0.15	50	Seguro
18	142	103.56	0.08	0.15	55	Seguro
19	148	72.48	0.07	0.15	50	Seguro
20	158	72.48	0.07	0.15	50	Seguro
21	164	72.48	0.07	0.15	50	Seguro
22	166	72.48	0.07	0.15	50	Seguro

23	168	89.48	0.07	0.15	50	Seguro
24	174	69.33	0.08	0.15	50	Seguro
25	183	43.84	0.07	0.15	50	Seguro
26	197	43.84	0.07	0.15	50	Seguro
27	199	57.27	0.07	0.15	50	Seguro
28	201	43.84	0.07	0.15	50	Seguro
29	205	43.84	0.07	0.15	50	Seguro
30	211	93.79	0.02	0.15	50	Seguro
31	215	66.31	0.04	0.15	50	Seguro
32	219	35.43	0.05	0.15	50	Seguro
33	221	48.23	0.05	0.15	50	Seguro
34	223	69.33	0.08	0.15	50	Seguro
35	229	62.99	0.05	0.15	50	Seguro
36	253	54.78	0.08	0.15	50	Seguro
37	255	69.33	0.08	0.15	50	Seguro

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte en la tabla 15, la cual nos indica una evaluación detallada de las curvas en relación de la velocidad de operación (V85) y la velocidad de diseño. Al realizar estos cambios vemos que en esta ocasión se incrementaría el porcentaje de curvas que cumplen con los criterios requeridos. Tendremos en cuenta que al hacer el rediseño la velocidad operacional es menor que la velocidad de diseño lo cual nos proporciona una tasa alta de seguridad.

Tabla 16 Clasificación de consistencia según la propuesta de rediseño

# Orden de curva	Curva	Radio Medido R (m)	Vel. Operación V85 (km/h)	Vel. Diseño V <sub>d</sub> (km/h)	Diferencia V85-V <sub>d</sub> (km/h)	Clasificación de Consistencia
1	8	103.61	30.62	50	19.38	ACEPTABLE
2	10	50.77	15.00	35	20.00	ACEPTABLE
3	16	85.59	30.62	50	19.38	ACEPTABLE
4	22	85.59	30.62	50	19.38	ACEPTABLE
5	30	85.59	30.62	50	19.38	ACEPTABLE
6	44	93.74	30.62	50	19.38	ACEPTABLE
7	56	93.74	30.62	50	19.38	ACEPTABLE
8	82	85.59	30.62	50	19.38	ACEPTABLE

9	92	85.59	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
10	98	45.93	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
11	108	45.93	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
12	120	54.78	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
13	124	54.78	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
14	132	54.78	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
15	134	54.78	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
16	137	50.77	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
17	139	48.23	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
18	142	103.56	36.42	55	18.58	ACCEPTABLE
19	148	72.48	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
20	158	72.48	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
21	164	72.48	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
22	166	72.48	29.32	50	19.68	ACCEPTABLE
23	168	89.48	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
24	174	69.33	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
25	183	43.84	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
26	197	43.84	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
27	199	57.27	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
28	201	43.84	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
29	205	43.84	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
30	211	93.79	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
31	215	66.31	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
32	219	35.43	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
33	221	48.23	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
34	223	69.33	23.54	50	19.38	ACCEPTABLE
35	229	62.99	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
36	253	54.78	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE
37	255	69.33	30.62	50	19.38	ACCEPTABLE

Fuente: Elaboración propia

Según la historia el trazado geométrico en carreteras de montañas ha tenido una gran importancia tanto en el mundo, como en América latina y en Ecuador, ya que esto a generando un camino de desarrollo humano y progreso económico. En este país antiguamente el único y principal enfoque era proporcionar espacio suficiente en la sección transversal y en ocasiones en las trayectorias de giro, por lo que el desempeño de los vehículos eran mínimos, así como lo podemos comprobar en ciertos puntos en el tramo

de Vía San tintín – Porvenir, la cual fue aperturada en el año 2007, pero apenas en el año 2009 es de exigencia obligatoria verificar e incluir nuevos criterios de diseño, investigación y experiencia , para así poder crear un diseño orientado específicamente a garantizar la operatividad segura de los vehículos.

Ya que en la actualidad ha existido un crecimiento poblacional en el sitio, lo que generó un aumento en las necesidades de transporte, llegando esto a generar desafíos en materia de seguridad vial, por lo cual se decidió realizar esta evaluación, obteniendo así en los primeros resultados a los valores correspondientes los cuales son fallidos para un diseño de carretera de montañas factible. Para lo que luego de esto se realiza y propone un rediseño de las curvas en estudio para implementar estándares de sostenibilidad en el trazado geométrico.

Por otra parte, es de suma importancia contactarse con las autoridades encargadas y realizar una propuesta detallada para llevar a cabo el mantenimiento de los tramos que críticos de la vía, así como también el mejoramiento y la adecuación de los parámetros geométricos de la vía en la que se elaboraría un estudio exhaustivo para así garantizar una óptima funcionalidad y seguridad del tramo de Vía San tintín – Porvenir.

En el análisis se incluirán las características actuales del trazado y la identificación de áreas que requieran las adecuaciones o modificaciones necesarios, particularmente en los tramos donde existen ríos o aguas vivas, donde lo más óptimo sería la construcción de una infraestructura, un puente asegurando así el flujo de tránsito vehicular a lo largo de todo el tramo vial en estudio.

Anexo a lo descrito se podría implementar los sistemas de drenaje adecuados, la estabilización de los taludes para evitar los deslizamientos de tierra en tiempos invernales, y en casos específicos se podría construir muros de contención. Una vez definidas las necesidades de la vía, se podrá proceder a la ejecución de la obra, asegurando que el tramo de 8.95 km de la vía San Tintín Porvenir cumpla con los estándares de seguridad, funcionalidad y sostenibilidad requeridos.

## **6. Conclusiones**

En conclusión, la evaluación del trazado geométrico del tramo de Vía San Tintín- Porvenir en el cantón Chilla está basado en el análisis de las siguientes variables: Diseño de curvas cerradas, velocidad de operación (V85), coeficiente de seguridad en curvas,

diferencia de velocidad entre elementos, radio mínimo de curvatura horizontal y peralte de curva; los cuales fueron revisados bajo los criterios de Lamm 1990, MOP 2003 Y NEVI 12 A, y que finalmente se determinó que la vía con el radio y las velocidades mínimas pero por otra parte si cumple en todo el tramo con el peralte adecuado.

En base a los resultados obtenidos, se observa variabilidad tanto en el radio como en longitud y así mismo su extensión al momento de comparar estos valores notamos que las curvas con un mayor radio tienden a tener longitud y extensiones mayores, así tenemos por ejemplo la curva 33 con un radio de 32.09m y de longitud 79.98 m, tiene la mayor extensión de 20.14 m, lo que representa alrededor de un 26.5% del valor de la longitud. Al contraste de esta curva tenemos a la No. 35, la cual consta de un radio de solo 9 m y una longitud de 7.67 m, y presenta una extensión de 2.15 m, que representa el 28% de su longitud. Además, se identificó que 4.4 km del tramo se encuentran en pésimo estado debido al escaso mantenimiento que le da a la vía y debido también a condiciones climáticas adversas, haciendo que esto agrave los problemas de diseño ya existentes.

Por otra parte, basándonos en los criterios de Lamm 1990, MOP 2003 Y NEVI 12 A para diseño geométrico de carretera de montaña, se constató que en los 8.65km de la vía San Tintín – Porvenir que ciertas curvas cumplen con el radio de curvatura, pero esto no asegura el cumplimiento de otros parámetros de evaluación. Tomando en cuenta el coeficiente de correlación de Pearson (0.899), se resalta la importancia de una relación sólida entre las variables analizadas, por lo cual se propone un rediseño en los radios de curvas, la velocidad de operación ( $v_{85}$ ) y la velocidad de diseño, ya que al realizar los respectivos cambios propuestos, el porcentaje de curvas que cumplen con los criterios requeridos aumenta notablemente, logrando con esto llegar al objetivo de mejorar las condiciones geométricas de las mismas y así garantizar una seguridad vial de excelente calidad.

El rediseño geométrico propuesto cumple con las características viales estipuladas dentro de las normas MOP 2003 Y NEVI 12 A, lo cual está indicado en las tablas anexadas. Debemos tener en cuenta que en este tramo de vía existen tramos en los cuales existen ríos, por lo que en esta parte se propone la creación de una infraestructura adecuada, así como puentes, ya que lo antes mencionado son piezas claves y se recomienda para asegurar la funcionalidad y seguridad de la vía, ya una vez que tenemos identificado todas



las necesidades se procedería hablar con las autoridades competentes para poder ejecutar la obra.

## 7. Recomendaciones

Se recomienda que al momento del levantamiento de información se utilice un equipo RTK, debido a que, por la complejidad de la vía, la visualización al prisma es de distancias cortas, por lo que con un equipo de estación total el tiempo de trabajo será el doble, lo cual pudimos comprobar por nuestros medios en este proyecto.

Además, se recomienda que, en el caso de no poder generar cambios en la geometría, implementar dispositivos reductores de velocidad, con una adecuada señalización precedente que nos sirva para identificar las mismas.

Se recomienda a las autoridades encargadas gestionar el respectivo mantenimiento vial, ya que debido a la falta de esto y a las condiciones atmosféricas en temporada invernal, para así evitar desgastes prematuros en la calzada, lo cual nos permitirá mantener el flujo de tránsito normal.

## 8. Bibliografía

- Afolayan, A., Abiola Samson, O., Easa, S., Modupe Alayaki, F., & Folorunso, O. (2022). Reliability-based analysis of highway geometric Elements: A systematic review. *Cogent Engineering*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.2004672>
- Álvarez, P., Fernández, M. A., Gordaliza, A., Mansilla, A., & Molinero, A. (2020). Geometric road design factors affecting the risk of urban run-off crashes. A case-control study. *PLOS ONE*, 15(6), e0234564. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234564>
- Aminfar, A., Boroujerdian, A. M., & Karimi, A. (2023). Evaluation of reverse curves focusing on the lateral friction demand on four-lane divided highways. *Transportation Engineering*, 13, 100188. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100188>
- Arango Lozano, J., & Patiño-Siro, D. (2020). Does the shape of the road influences wildlife roadkills? Evidence from a highway in Central Andes of Colombia. *European Journal of Ecology*, 6(1), 58–70. <https://doi.org/10.17161/euroj ecol.v6i1.13688>
- Azarafza, M., Akgün, H., Ghazifard, A., Asghari-Kaljahi, E., Rahnamarad, J., & Derakhshani, R. (2021). Discontinuous rock slope stability analysis by limit equilibrium approaches – a review. *International Journal of Digital Earth*, 14(12), 1918–1941. <https://doi.org/10.1080/17538947.2021.1988163>
- Bertram, D., & Chilla, T. (2023). Polycentricity and accessibility in mountain areas: the Alpine case. *European Planning Studies*, 31(12), 2425–2445. <https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2145874>
- Chen, T. T., & Hsu, Y. T. (2013). Mountain Roads Design Using Ecological Engineering Methods and Traditional Engineering Methods Comparison Study. *Applied Mechanics and Materials*, 284–287, 1431–1435. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.284-287.1431>
- Ciampa, D., & Olita, S. (2022). Mountain Roads' Geometric Design: Methodological Proposal for Hairpin Bend Design/Retrofitting. *Infrastructures*, 7(9), 112. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7090112>
- Ecuadoriana Vial, N. (n.d.). *MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE VOLUMEN N° 2-LIBRO A NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES*.
- García-Ramírez, Y., Camacho, J., & Montoya, J. (2021). Uso del modelo iRAP para evaluar la seguridad vial en carreteras de dos carriles en Ecuador. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 4(1), 7–23. <https://doi.org/10.22206/cyap.2021.v4i1.pp7-23>

- Goyani, J., Arkatkar, S., Joshi, G., & Easa, S. (2022). Speed-Based Reliability Analysis of 3D Highway Alignments Passing through Two-Lane Mountainous Terrain. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering*, 8(4).  
<https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0001271>
- Islam, M. H., Teik Hua, L., Hamid, H., & Azarkerdar, A. (2019). Relationship of Accident Rates and Road Geometric Design. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 357(1), 012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/357/1/012040>
- Karimi, A., & Kashi, E. (2018). Investigating the effect of geometric parameters influencing safety promotion and accident reduction (Case study: Bojnurd-Golestan National Park road). *Cogent Engineering*, 5(1), 1525812. <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1525812>
- Lamm, Ruediger., Psarianos, Basil., & Mailaender, Theodor. (1999). *Highway design and traffic safety engineering handbook*. <https://search.worldcat.org/title/39800665>
- Liao, C.-F., & Levinson, D. M. (2013). ROAD: Interactive Geometric Design Tool for Transportation Education and Training. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 139(2), 116–122. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000142](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000142)
- Matej, J., Kristian, B., & Marek, G. (2022). Traffic signs detection, recognition and tracking for roads mapping. *2022 20th International Conference on Emerging ELearning Technologies and Applications (ICETA)*, 266–272. <https://doi.org/10.1109/ICETA57911.2022.9974923>
- MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geometrico de Carreteras*. Ecuatoriana.
- Nagy, L., Eller, C. B., Mercado, L. M., Cuesta, F. X., Llambí, L. D., Buscardo, E., Aragão, L. E. O. C., García-Núñez, C., Oliveira, R. S., Barbosa, M., Ceballos, S. J., Calderón-Loor, M., Fernandes, G. W., Aráoz, E., Muñoz, A. M. Q., Rozzi, R., Aguirre, F., Álvarez-Dávila, E., Salinas, N., & Sitch, S. (2023). South American mountain ecosystems and global change – a case study for integrating theory and field observations for land surface modelling and ecosystem management. *Plant Ecology & Diversity*, 16(1–2), 1–27. <https://doi.org/10.1080/17550874.2023.2196966>
- Papadimitriou, E., Filtness, A., Theofilatos, A., Ziakopoulos, A., Quigley, C., & Yannis, G. (2019). Review and ranking of crash risk factors related to the road infrastructure. *Accident Analysis & Prevention*, 125, 85–97. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.01.002>
- Pojani, D., & Stead, D. (2018). Policy design for sustainable urban transport in the global south. *Policy Design and Practice*, 1(2), 90–102. <https://doi.org/10.1080/25741292.2018.1454291>
- Pulugurtha, S. S., & Mathew, S. (2021). Modeling AADT on local functionally classified roads using land use, road density, and nearest nonlocal road data. *Journal of Transport Geography*, 93, 103071. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103071>
- R G, S., Lokesh, Y., & T R, N. (2023). STUDIES ON GEOMETRIC IMPROVEMENTS ON HIGHWAYS : A REVIEW. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH*, 30–31. <https://doi.org/10.36106/ijsr/1648572>
- Rivera, J. I., & Echaveguren, T. (2014). A hazard index for roadside of two-lane rural roads. *DYNA*, 81(184), 55. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.38929>
- «Sánchez-Mendieta, C., «Anthony, Z., «Manuel, L., & «Yudy, M. (2023). EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EN CARRETERAS DE MONTAÑA. *Revista Ciencia Y Construcción*, 4(4), 56–66, 4.
- Shah, S. A. R., & Ahmad, N. (2019). Road Infrastructure Analysis with Reference to Traffic Stream Characteristics and Accidents: An Application of Benchmarking Based Safety Analysis and Sustainable Decision-Making. *Applied Sciences*, 9(11), 2320. <https://doi.org/10.3390/app9112320>
- Tang, Y., Peng, X., Xu, S., Bai, M., Lin, L., & Sun, H. (2022). Study on Driver Gaze Characteristics in Sight Distance Limited Section of Mountain Highway Based on Visual Information. *Journal of Mathematics*, 2022, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/9482875>
- Thaj, A., Wilson, K. C., & Sreelatha, T. (2022). Geometric Design of Road Using OpenRoads. *2022 Second International Conference on Next Generation Intelligent Systems (ICNGIS)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICNGIS54955.2022.10079805>
- Tong, Z., Yang, H., Liu, C., Xu, T., & Xu, S. (2020). Quantification of the openness of urban external space through urban section. *Geo-Spatial Information Science*, 23(4), 316–326. <https://doi.org/10.1080/10095020.2020.1846464>
- Virajh Dias, A. A., Herath, H. M. J. M. K., & Kulathilake, L. K. N. S. (2023). *Landform Geometry for Restoration of Mountain Roads and Landslide Hazard Resilience* (pp. 327–339). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16898-7\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16898-7_25)
- Wang, B., Hallmark, S., Savolainen, P., & Dong, J. (2018). Examining vehicle operating speeds on rural two-lane curves using naturalistic driving data. *Accident Analysis & Prevention*, 118, 236–243. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.017>

- Wang, Y., Szeto, W. Y., Han, K., & Friesz, T. L. (2018). Dynamic traffic assignment: A review of the methodological advances for environmentally sustainable road transportation applications. *Transportation Research Part B: Methodological*, *111*, 370–394. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.03.011>
- Wei, J., Zhang, Z., Wang, C., Xu, Q., Tan, Q., & Wang, D. (2022). Driving Safety Evaluation and Early Warning of Mountain Highway Based on Vehicle-Pavement Coupling Model. *CICTP 2022*, 1630–1641. <https://doi.org/10.1061/9780784484265.153>
- Wei, P., Zhang, Z., & Meng, X. (2023). Line position optimization method for mountain roads based on slope stability and earthwork balance. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, *46*(6), 661–673. <https://doi.org/10.1080/02533839.2023.2227871>
- Xu, J., Lin, W., & Shao, Y. (2017). New design method for horizontal alignment of complex mountain highways based on “trajectory–speed” collaborative decision. *Advances in Mechanical Engineering*, *9*(4), 168781401769543. <https://doi.org/10.1177/1687814017695437>
- Yue, L., Wang, H., & Xu, Z. (2019). Optimized Geometric Design of Mountain Highways based on a Vehicle-Road Coordination Model. *2019 5th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS)*, 1251–1257. <https://doi.org/10.1109/ICTIS.2019.8883819>
- Zhang, H., Zhang, M., Zhang, C., & Hou, L. (2021). Formulating a GIS-based geometric design quality assessment model for Mountain highways. *Accident Analysis & Prevention*, *157*, 106172. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106172>

ANEXOS

*Anexo 1 Capilla ubicada en el Sitio San Tin Tin*



*Anexo 2 Rio Tambillo- Sector San Tin Tin*



*Anexo 3 Rio Dumari - Sector San Tin Tin*





*Anexo 4 Rio Casacay- Sector San Porvenir*



*Anexo 5 Estación Total SOKKIA CX105*



*Anexo 6 Replanteo con Estación Total SOKKIA CX105*



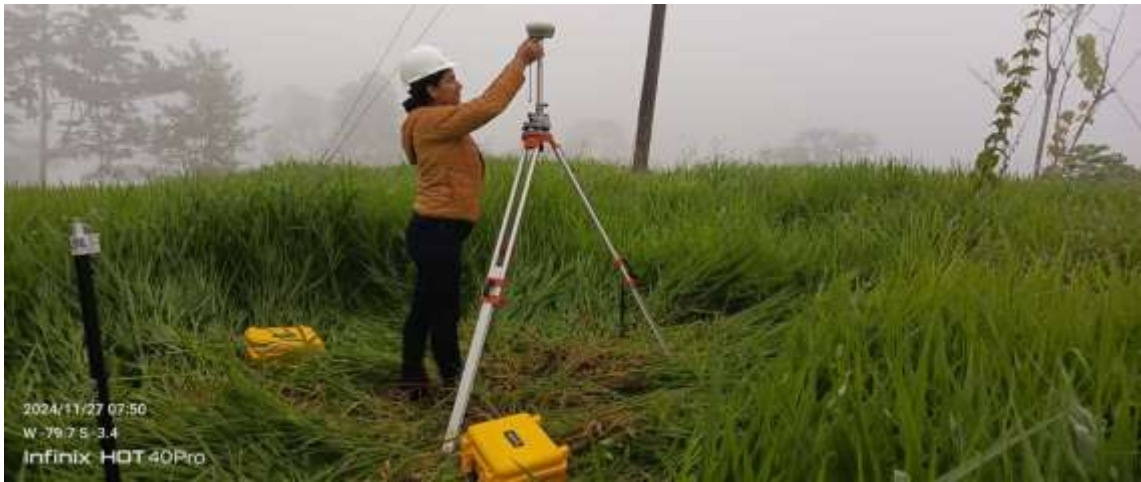
Anexo 7 Inicio del tramo de Via San Tin Tin -Porvenir



Anexo 8. SOUTH GALAXY G3 GPS GNSS RTK







*Anexo 9 Tramo de via cubierto de maleza*



*Anexo 10 Tramo de via con poca visibilidad*





*Anexo 11. Tramo de via con poco uso debido al mal mantenimiento de la misma*



*Anexo 12 Escuela Víctor Manuel Nagua Guanuche- Sitio Luz de America*





*Anexo 13. Curvas con poca visibilidad*





Anexo 14. Tramo 7.1 km - 7.3 km - Cruce al rio Casacay





*Anexo 15. Tramos de via en mal estado debido a factores climaticos*

