



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO SOSTENIBLE DE
EJES VIALES EN VÍAS INTERCANTONALES**

**GONZALEZ SILVA JOSELYN ESTEFANIA
INGENIERA CIVIL**

**LEON BONILLA BRYAN GIOVANNI
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO
SOSTENIBLE DE EJES VIALES EN VÍAS INTERCANTONALES**

**GONZALEZ SILVA JOSELYN ESTEFANIA
INGENIERA CIVIL**

**LEON BONILLA BRYAN GIOVANNI
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO
SOSTENIBLE DE EJES VIALES EN VÍAS INTERCANTONALES**

**GONZALEZ SILVA JOSELYN ESTEFANIA
INGENIERA CIVIL**

**LEON BONILLA BRYAN GIOVANNI
INGENIERO CIVIL**

SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO

**MACHALA
2023**

METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO SOSTENIBLE DE EJES VIALES EN VÍAS INTERCANTONALES

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	1%
2	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
3	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1%
4	INSTITUTO COMERCIO Y PRODUCCION. "DAAC de la Granja de Engorde Casma-IGA0013888", R.D.G. N° 193-2019-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2021 Publicación	<1%
5	sip.mty.itesm.mx Fuente de Internet	<1%
6	www.ist.cl Fuente de Internet	<1%
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%

8

Fuente de Internet

<1 %

9

dialnet.unirioja.es

Fuente de Internet

<1 %

10

riunet.upv.es

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Activo

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

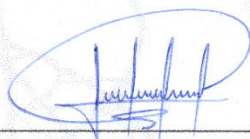
Los que suscriben, GONZALEZ SILVA JOSELYN ESTEFANIA y LEON BONILLA BRYAN GIOVANNI, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO SOSTENIBLE DE EJES VIALES EN VÍAS INTERCANTONALES, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran 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.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen 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.



GONZALEZ SILVA JOSELYN ESTEFANIA

0705583425



LEON BONILLA BRYAN GIOVANNI

0705563120

Dedicatoria

Con profunda gratitud y amor, dedicamos esta tesis a Dios, a nuestros amados padres y a nuestras queridas hermanas. Su apoyo inquebrantable, cariño y constante inspiración han sido el faro que nos ha guiado en este largo viaje académico.

Finalmente, extendemos nuestra dedicatoria a todas las personas que a lo largo de nuestra carrera nos brindaron su valiosa colaboración y respaldo invaluable.

Agradecimiento

En primer lugar, extendemos nuestra más profunda gratitud a Dios, quien ha sido nuestra guía constante en los momentos de dificultad y nos ha brindado la fuerza y la perseverancia para culminar con éxito nuestra carrera universitaria.

A nuestras familias, especialmente a nuestros padres y hermanas, les agradecemos de todo corazón por su apoyo incondicional y su presencia constante en cada etapa de este arduo camino.

A la Universidad Técnica de Machala, a la facultad de Ingeniería Civil y en especial a la carrera de Ingeniería Civil, que a través de sus docentes compartieron generosamente sus conocimientos, contribuyendo a nuestra formación profesional.

Finalmente, deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Ing. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta, quien ha desempeñado un papel fundamental como tutor de esta tesis. Su constante apoyo y orientación a lo largo del proceso de este trabajo de titulación han sido invaluable para nuestro crecimiento académico y profesional.

Resumen

Las deficiencias que se presentan en el diseño geométrico y los factores del entorno vial se encuentran relacionados con el riesgo de accidentes de tránsito, por lo que garantizar un entorno vial más seguro es un desafío constante para las autoridades y los ingenieros viales. Para abordar esta problemática, se plantea una metodología para el diseño geométrico sostenible de ejes viales, con el objetivo de reducir la ocurrencia de eventos imprevistos y mejorar la seguridad vial. La metodología propuesta se basa en el análisis de diversos indicadores como la importancia de la vía, la conectividad, el índice de peligrosidad y la seguridad vial. El proceso inicia con una inspección visual que permite obtener datos precisos sobre el uso del suelo y las características del entorno vial adyacente. Posteriormente, se realiza un conteo vehicular para conocer el flujo de tráfico existente en la vía y calcular el Tráfico Promedio Diario Anual, un parámetro fundamental para realizar la clasificación de la vía. Por último, se toma en cuenta la percepción del usuario sobre los elementos del diseño geométrico, como la distancia de visibilidad, la velocidad, los radios de curvas, la señalización vial, las barreras de protección y el ancho de carril. Esto contribuye a que el diseño vial se ajuste a las necesidades y expectativas de los conductores. Se evaluó la vía E584 Pasaje – EL Guabo donde se obtuvo una ponderación final de 0.35, la cual indica que existe un inadecuado servicio de vialidad. En definitiva, se propone una metodología que, mediante el uso del suelo, el diseño geométrico y las zonas laterales permita evaluar el servicio de vialidad, además, los indicadores utilizados en cada criterio sirven como pauta para evidenciar las deficiencias y proponer mejoras en el diseño de la vía, con el propósito de aumentar la seguridad y la confianza del conductor en la carretera.

Palabras claves: diseño geométrico sostenible, conectividad vial, índice de peligrosidad, seguridad vial.

Abstract

The deficiencies that occur in the geometric design and road environment factors are related to the risk of traffic accidents, so ensuring a safer road environment is a constant challenge for road authorities and engineers. To address this problem, a methodology for the sustainable geometric design of road axes is proposed, with the aim of reducing the occurrence of unforeseen events and improving road safety. The proposed methodology is based on the analysis of various indicators such as the importance of the road, connectivity, the hazard index and road safety. The process begins with a visual inspection that allows obtaining precise data on land use and the characteristics of the adjacent road environment. Subsequently, a vehicle count is carried out to find out the existing traffic flow on the road and calculate the Average Daily Annual Traffic, a fundamental parameter for classifying the road. Finally, the user's perception of geometric design elements is taken into account, such as sight distance, speed, curve radii, road markings, protection barriers, and lane width. This helps ensure that the road design meets the needs and expectations of drivers. The road E584 Pasaje - EL Guabo was evaluated where a final weight of 0.35 was obtained, which indicates that there is an inadequate road service. In short, a methodology is proposed that, through the use of the land, the geometric design and the lateral zones, allows the evaluation of the road service, in addition, the indicators used in each criterion serve as a guideline to highlight the deficiencies and propose improvements in the design. of the road, with the purpose of increasing the safety and confidence of the driver on the road.

Keywords: sustainable geometric design, road connectivity, hazard index, road safety.

Índice

Dedicatoria.....	VII
Agradecimiento.....	VIII
Resumen.....	IX
Introducción.....	14
Importancia del tema.....	14
Actualidad de la problemática.....	15
Estructura del trabajo.....	16
1. Planteamiento del problema.....	17
1.1. Línea base del proyecto.....	17
1.2. Descripción de la Situación problemática (Causas y efectos).....	17
1.3. Formulación del problema: preguntas científicas.....	19
1.4. Delimitación del objeto de estudio.....	19
1.5. Justificación.....	21
1.6. Objetivos: general y específicos.....	22
1.6.1. Objetivo general.....	22
1.6.2. Objetivos específicos.....	22
2. Estado del arte.....	23
2.1. Antecedentes contextuales.....	23
2.2. Antecedentes conceptuales.....	28
2.3. Antecedentes referenciales.....	33
3. Metodología.....	36
3.1 Modalidad básica de la investigación.....	36
3.1.1. Enfoque.....	36
3.2 Tipo de investigación.....	36

3.3. Población y muestra.....	36
3.3.1. Población.....	37
3.3.2. Muestra.....	37
3.4 Métodos con los materiales utilizados.....	37
3.4.1 Método teórico.....	37
3.4.2 Método empírico.....	38
3.5 Técnicas para el procesamiento de los datos obtenidos.....	38
4. Análisis e interpretación de resultados.....	40
4.1 Criterios para la evaluación de carreteras.....	40
4.2. Evaluación del servicio de vialidad de la vía E584 Pasaje – El Guabo.....	46
4.2.1 Conectividad vial.....	46
4.2.2 Índice de peligrosidad.....	49
4.2.3 Seguridad vial.....	50
4.3 Análisis de resultados.....	58
Conclusiones.....	62
Referencias Bibliográficas.....	63
Anexos.....	70

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Tramo de la vía E584 Pasaje - El Guabo.....	20
Ilustración 2 Componentes de la zona lateral	33
Ilustración 3 Extracción del uso del suelo dentro de una zona de influencia de 30 metros	47
Ilustración 4 Distancias de lugares próximos a la vía.....	48
Ilustración 5 Distancia de visibilidad.....	51
Ilustración 6 Velocidad	52
Ilustración 7 Radios de curvas medidos en AutoCAD	53
Ilustración 8 Peligrosidad en las curvas.....	54
Ilustración 9 Señaléticas existentes.....	55
Ilustración 10 Implementación de señaléticas	56
Ilustración 11 Elementos a considerar para una conducción segura	57
Ilustración 12 Propuesta de Metodología	61

Índice de Tablas

Tabla 1 Categorías de uso de suelo.....	40
Tabla 2 Criterios para calcular el índice RHR	41
Tabla 3 Parámetros para la evaluación de la Seguridad vial	43
Tabla 4 Indicadores para la evaluación de carreteras	45
Tabla 5 Evaluación del nivel de Servicio de vialidad.....	46
Tabla 6 Resultado del Índice de peligrosidad	49
Tabla 7 Comparación de los radios de curvas	53
Tabla 8 Resultados de la evaluación de Seguridad vial.....	58
Tabla 9 Resultados de la evaluación de carreteras	59
Tabla 10 Resultado del Servicio de vialidad	59

Introducción

Importancia del tema

En los últimos años la población ha tenido un rápido crecimiento, por ende, las demandas de movilidad y los problemas de seguridad vial requieren un diseño más estratégico que favorezca el desarrollo económico, social y ambiental (Pulugurtha & Mathew, 2021). Por tal motivo, los ingenieros viales ya no se centran únicamente en la congestión vehicular al resolver problemas de tráfico sino más bien lo que se busca es optimizar los sistemas de transporte (Y. Wang et al., 2018).

Una infraestructura vial adecuadamente diseñada puede reducir los costos de operación, mejorar la movilidad de personas, bienes y servicios, promover la integración de cadenas productivas, disminuir el tiempo de transporte y aumentar las oportunidades de empleo, además, la relación que tiene con el desarrollo forma parte de un modelo dominante que involucra a las instituciones públicas, siendo así que las carreteras son un requisito esencial para avanzar en el desarrollo del país, porque impulsa la competitividad de sus regiones y proporciona un mayor crecimiento económico en los lugares por donde pasa (Tapia Guerrero, 2018). Sin embargo, durante varios años el transporte por carretera ha sido motivo de gran preocupación, dado que, afecta negativamente al bienestar del medio ambiente y deteriora su capacidad de carga (Y. Wang et al., 2018), debido a que se requiere de la extracción de recursos naturales de manera excesiva, modificación de uso del suelo y cambios radicales en el paisaje.

Con la finalidad de disminuir los impactos negativos provocados en el ambiente se han generado metodologías que buscan incluir a la sostenibilidad en el diseño y en función de esto nace el concepto de carreteras sostenibles, según (Pérez Moreno Álvarez, 2018) son aquellas que deben cumplir con los requerimientos funcionales del desarrollo social, minimizar el consumo de recursos naturales, restablecer el ecosistema y ser correctamente evaluadas durante todo su periodo de diseño, desde la planeación hasta la construcción, operación y mantenimiento, adoptando políticas integradas relacionadas con el medio ambiente. En consecuencia, la sostenibilidad vial está directamente relacionada con la seguridad humana y ambiental (Shah & Ahmad, 2019).

Actualidad de la problemática

Generar una infraestructura adecuadamente diseñada e incorporar los principios internacionales de la sostenibilidad es uno de los principales desafíos que enfrentan los gobiernos en América Latina, especialmente en Ecuador, debido a que gran parte de los proyectos viales presentan problemas en la gestión y planificación, específicamente en la fase de diseño, lo que conduce a un nivel y calidad vial inadecuados (Pérez Moreno Álvarez, 2018)

El riesgo de accidentes de tránsito se encuentra relacionado con los factores de entorno vial y sobre todo con las deficiencias que se presentan en el diseño geométrico, en el cual destaca el radio de curva bajo, el mismo que está relacionado con la alineación de la carretera, pero también el ancho del carril, el ancho del arcén y la alineación horizontal(Bobermin et al., 2021).

Aproximadamente más de un millón de personas mueren cada año (Farahmand & Boroujerdian, 2018) y 50 millones resultan heridas en accidentes automovilísticos alrededor de todo el mundo (Olivo Cando, 2018), según las estadísticas de la Policía Nacional del Ecuador del distrito Pasaje, en la vía E584 Pasaje - El Guabo entre 2018 y 2022 se produjeron 22 accidentes de tránsito. Los siniestros viales causan sufrimiento emocional, físico y económico a las familias afectadas y debilita la productividad de la sociedad. Identificar los factores principales que contribuyen a los accidentes y cuantificar su impacto es fundamental para mejorar de forma adecuada el diseño vial (Wen et al., 2021).

Garantizar un entorno vial más seguro sigue siendo el pilar fundamental que impulsa los esfuerzos globales de prevención de accidentes, debido a que existe un interés continuo en explorar la infraestructura vial como una preocupación de seguridad constante en todo el mundo (Bobermin et al., 2021).

Estructura del trabajo

Para llevar a cabo esta investigación, se han propuesto cuatro capítulos que se detallan a continuación:

El capítulo I, denominado planteamiento del problema, contiene la línea base del proyecto, la descripción detallada de la situación actual de la zona de estudio, la formulación de preguntas científicas, la justificación y los objetivos de la investigación.

El capítulo II, contiene el estado del arte, en el cual se recopila información de los artículos que sustentan la investigación y sirven de base para redactar los antecedentes contextuales, conceptuales y referenciales. En este capítulo se realiza una revisión bibliográfica, con el fin de obtener una visión completa y actualizada del tema de estudio.

El capítulo III describe la metodología empleada en este trabajo, donde se aborda la modalidad y el tipo de investigación, se describe la población y muestra seleccionada, así como los métodos teóricos y empíricos utilizados. Además, se presentan las técnicas para el procesamiento de los datos obtenidos.

El capítulo IV se dedica al análisis e interpretación de los resultados, así como a la presentación de la propuesta metodológica para la evaluación del servicio de vialidad. En este contexto, se llevó a cabo una evaluación de la vía E584 Pasaje – El Guabo, utilizando los criterios e indicadores establecidos en la propuesta. Los resultados obtenidos revelaron que los usuarios reciben un inadecuado servicio de vialidad.

1. Planteamiento del problema

1.1. Línea base del proyecto

En 1945, se construyó una vía que unió a los cantones de Pasaje y El Guabo. Desde entonces, la economía del sector ha tenido un importante crecimiento, debido a la mejora de la conexión entre áreas rurales y urbanas. Esta vía permitió el transporte de productos agrícolas, especialmente mejoró el acceso a la producción de banano, la fruta que es el principal producto de exportación, la cual es generadora de empleos y contribuye significativamente al PIB nacional (Álvarez Perdomo et al., 2022). La actividad bananera es responsable de la mayoría de los empleos y es el motor de la economía local, donde muchas familias que viven en zonas rurales dependen económica y socialmente de la producción de banano

La red de carreteras bajo la jurisdicción del Gobierno Provincial de El Oro tiene una longitud de 3243.94 km, siendo 614.38 km de pavimento flexible que representa el 18.94% (Plan Vial Integral Provincia de El Oro | CONGOPE, s. f.), del cual el 0.38% le corresponde a la vía E584 Pasaje - El Guabo con una extensión de 12.318 km. La misma cuenta con un ancho de carril de 3.70 m y con una berma de 80 cm, además a lo largo de la vía existen 22 señaléticas verticales en mal estado que no son apreciables visualmente, asimismo la pintura de las marcas viales horizontales se encuentra desgastada. En cuanto a las alcantarillas de drenaje únicamente existen 4, las cuales también sirven como paso de canales de riego usados en las bananeras que atraviesan de manera transversal la vía, de la misma manera se presentan 3 kilómetros de baches de superficie considerable que constituye el 24.35% de la longitud total de la carretera, sin tomar en cuenta las fisuras, piel de cocodrilo, y bacheos asfálticos.

1.2. Descripción de la Situación problemática (Causas y efectos)

Durante varios años la vía E584 que conecta los cantones de Pasaje y El Guabo ha sido 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, no obstante, se cuenta con un trazado geométrico desapegado a la eficiencia óptima en las operaciones de tráfico de tal manera que no se logra la máxima seguridad vial a un costo razonable.

En el deficiente trazado geométrico se incluyen las curvas y pendientes peligrosas, intersecciones mal diseñadas, falta de señalización y ancho de carril inadecuado debido a que no proporciona espacio suficiente para los vehículos y para las maniobras de emergencia, disminuyendo la capacidad de la carretera al impedir que más vehículos circulen al mismo tiempo. En algunas ocasiones, cuando la sección transversal típica de una carretera no se adapta correctamente al uso para el cual fue planificada, puede representar un peligro para la seguridad de los conductores y peatones (Fric et al., 2022).

Por otro lado, existen factores que contribuyen al inadecuado servicio de seguridad vial, uno de ellos son las curvas horizontales mal diseñadas que se presentan en la vía, lo que genera problemas de percepción que son causados por la configuración visual de la curva, por la alineación deficiente y por el cambio repentino en la curvatura después de una serie de curvas suaves y una sección recta prolongada (Chourasia et al., 2020). Entonces, cuanto mayor sea el radio de la curva horizontal y menor ángulo de inclinación, disminuye el riesgo de accidentes (Islam et al., 2019), es esencial tener en cuenta que las curvas horizontales con un radio más amplio proporcionan una mayor estabilidad al conducir (Jeong & Liu, 2019). Asimismo, otro factor que influye en la seguridad vial son los cambios bruscos de velocidad que se dan en el trayecto de la carretera, estos no solo disminuyen el tiempo de reacción y la capacidad de evitar obstáculos, sino también incrementan el tiempo de desplazamiento, generan impactos económicos críticos a través de costos de accidentes, de combustible y mantenimiento de vehículos (Neki et al., 2021).

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, retrasos, deterioro de la infraestructura vial y aumento de los niveles de contaminación del aire. Los incidentes y el clima son impredecibles y pueden afectar instantáneamente las condiciones del tráfico (Guidoni et al., 2020).

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, es evidente que los usuarios de esta vía reciben un inadecuado servicio de vialidad, lo cual provoca un impacto negativo en el bienestar socioeconómico de la población, por lo que resulta necesario mejorar la geometría de la infraestructura ya existente aplicando los principios de sostenibilidad y seguridad vial.

1.3. Formulación del problema: preguntas científicas

La seguridad de los conductores y los peatones se ve directamente afectada por un deficiente trazado geométrico. Como resultado del mismo, la vía es más propensa a tener curvas peligrosas, anchos de carril inadecuados, distancias de visibilidad reducidas y otros obstáculos que pueden causar accidentes de tráfico. Además, un trazado geométrico deficiente puede aumentar los tiempos de viaje y disminuir la eficiencia del transporte.

Asimismo, el inadecuado servicio de seguridad vial puede tener graves consecuencias, especialmente cuando se trata de obstáculos laterales en curvas y cambios bruscos de velocidad. Los cuales son peligrosos para los conductores, ya que pueden distraer su atención, reducir su capacidad de reacción y provocar la salida lateral de vehículos.

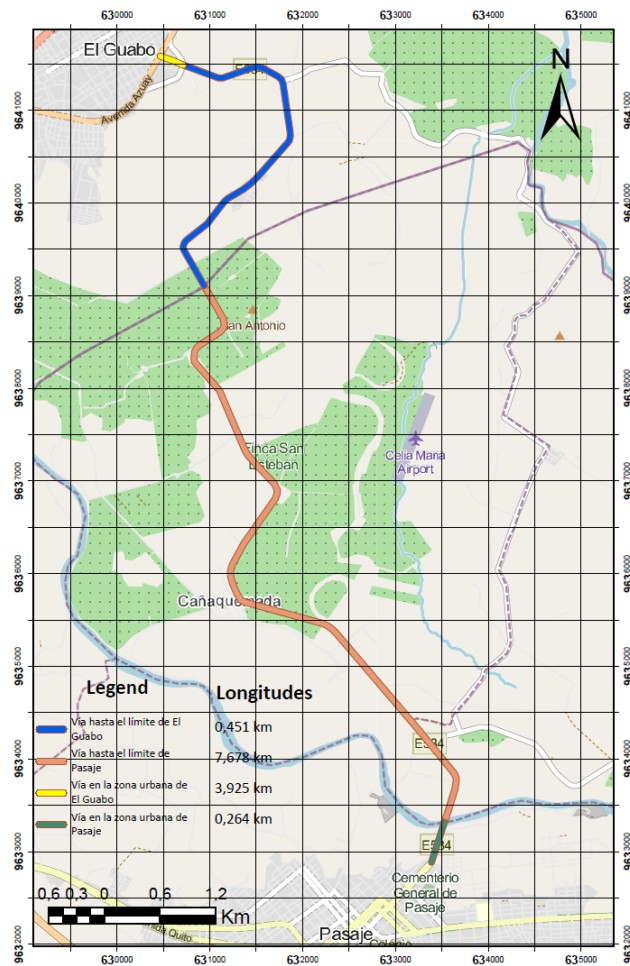
Por otro lado, el aumento del tráfico es un problema que se ha visto agravado por la baja capacidad de la vía y el crecimiento de la población. Esta situación ha tenido un impacto negativo en diversos aspectos, incluyendo el deterioro de la infraestructura vial, el aumento de los costos de operación.

Por lo tanto, analizando lo descrito anteriormente en la presente investigación se plantea el siguiente problema ¿Los usuarios de la vía E584 Pasaje – El Guabo reciben un inadecuado servicio de vialidad?

1.4. Delimitación del objeto de estudio

La vía E584 es una carretera de dos carriles que conecta los cantones de Pasaje con el Guabo, está ubicada en la provincia de El Oro en Ecuador. La carretera es una ruta importante para la región, ya que proporciona un enlace crucial entre las dos ciudades y las comunidades rurales circundantes como Puerto Garzón, La Concordia, Caña quemada, Vergel y Chontillal.

Ilustración 1 Tramo de la vía E584 Pasaje - El Guabo.



Fuente: Elaboración propia

Esta carretera inicia en Pasaje entre la calle Bolívar y Avenida Azuay hasta el río Jubones abarcando 0.451 km de vía que corresponde al límite urbano del cantón, continua hasta el límite entre Pasaje y El Guabo con 7.678 km y sigue con 3.925 km hasta la calle teniente Ledesma, finalizando en las calles Sucre y Avenida Azuay con 0.264 km dentro del límite urbano del cantón El Guabo, dando como resultado una longitud total de 12.318 kilómetros.

1.5. Justificación

En los últimos años se han llevado a cabo numerosas investigaciones para identificar y solucionar problemas complejos relacionados con el tráfico. Se ha examinado una gran cantidad de artículos publicados y material relacionado para elaborar el estudio, el cual servirá como guía para investigaciones futuras enfocadas en encontrar problemas en el diseño de las vías y determinar el nivel de seguridad en la zona de estudio.

La vía estudiada conecta dos cantones de suma importancia, la conexión que se genera en dichos cantones ha logrado un desarrollo moderado, siendo importante para la economía, ya que proporciona una ruta esencial para el transporte de bienes y productos agrícolas. Sin embargo, el diseño vial presenta problemas, lo que genera una gran preocupación en cuanto a la seguridad vial y su impacto en la situación socioeconómica de la zona, dado que, la ocurrencia de accidentes de tránsito provoca enormes pérdidas humanas, económicas y sociales.

Un buen diseño y trazado geométrico de la vía atrae nuevos negocios y proporciona un fácil acceso a los mercados, lo que motiva a las empresas que buscan establecerse en una nueva área, de esta manera se generan nuevos empleos para mejorar la calidad de vida de las personas que viven en esa zona, además, es una forma de aumentar la seguridad en la misma. Evaluar la relación entre los accidentes y los elementos de la geometría de una carretera es fundamental para comprender la seguridad vial.

El propósito de la homogeneidad en el diseño geométrico es reducir los accidentes de tránsito para los conductores que transiten por una sección determinada. Por lo tanto, una carretera uniforme es esencial para una conducción segura y sin interrupciones, ya que contribuye a disminuir el índice de accidentes de tráfico. La uniformidad de la carretera proporciona una experiencia de conducción fluida y sin sobresaltos, lo que aumenta la seguridad y la confianza del conductor en la carretera. Además, una superficie uniforme reduce la probabilidad de que surjan problemas mecánicos en el vehículo, lo que también contribuye a una conducción más segura.

1.6. Objetivos: general y específicos

1.6.1. Objetivo general

Proponer una metodología para el diseño geométrico de carreteras mediante criterios técnicos que permita la reducción de la ocurrencia de eventos imprevistos para los usuarios del eje vial E584 Pasaje – El Guabo.

1.6.2. Objetivos específicos

- Indagar los criterios para el diseño geométrico de carreteras mediante la revisión bibliográfica para la determinación de los efectos de la geometría de la carretera en la seguridad de los usuarios.
- Identificar los aspectos que afectan el servicio de vialidad mediante la evaluación de la carretera para la reducción del índice de peligrosidad y la obtención de un tráfico eficiente.
- Plantear una metodología de diseño geométrico de carreteras mediante el análisis de resultados que garantice la seguridad vial de los conductores en el eje E584 Pasaje – El Guabo.

2. Estado del arte

2.1. Antecedentes contextuales

En todo el mundo se han llevado a cabo diversos estudios sobre la evaluación de carreteras con el objetivo de mejorar la seguridad vial y la calidad del servicio que ofrecen a los usuarios. Estos estudios incluyen desde la señalización hasta el análisis de la geometría de la vía y la identificación de los puntos de riesgo para los conductores. La calidad de la infraestructura vial y su entorno, como la configuración geométrica, la tipología de la vía, el control del tráfico y la iluminación, son factores cruciales que influyen en los resultados de la seguridad vial (Papadimitriou et al., 2019). Por lo tanto, se utilizan técnicas avanzadas como la modelización y la simulación para predecir el comportamiento de los vehículos y su interacción con la carretera en diferentes condiciones. Los resultados de estos estudios son fundamentales para la planificación de inversiones y la toma de decisiones en materia de seguridad vial y movilidad.

A pesar de haber sido uno de los países con las mayores tasas de mortalidad por accidentes viales en la Unión Europea por muchos años, en las últimas tres décadas Polonia ha logrado avances notables al reducir la tasa de fatalidades en más del 60%. Según Jamroz en su artículo *Experiences and Challenges in Fatality Reduction on Polish Roads* llevaron a cabo una evaluación para analizar la manera en que Polonia podría implementar el concepto de "Visión Zero" hasta el año 2050, considerando diferentes escenarios de seguridad vial a través del desarrollo de herramientas para pronosticar el número de fatalidades. Como resultado de este análisis, determinaron que es viable disminuir de manera importante el número de muertes en periodos posteriores a través de la implementación de este enfoque, logrando de esta manera cumplir con la meta de Visión Zero (Jamroz et al., 2019).

El tráfico promedio diario anual constituye una de las medidas más importantes en la planificación y evaluación vial, se lo utiliza para evaluar la capacidad de la carretera y su nivel de servicio, además, para ayudar a determinar las necesidades de mantenimiento y mejoras en la infraestructura de la carretera (Das & Tsapakis, 2020). En Inglaterra y Gales los autores Sfyridis y Agnolucci en su publicación *Annual average daily traffic estimation in*

England and Wales: An application of clustering and regression modelling propusieron una metodología para estimar el tráfico promedio diario anual en toda la red de carreteras, con el fin de aproximar el flujo vehicular en las carreteras principales y secundarias. Este estudio se basa en la consolidación de modelos de agrupamiento y regresión, así como en la utilización de un conjunto completo de variables que consideran características socioeconómicas, viales y de uso del suelo. Los resultados obtenidos mediante esta metodología muestran patrones de tráfico similares en zonas urbanas y rurales, lo que permite obtener resultados precisos para todas las clases de carreteras (Sfyridis & Agnolucci, 2020).

En cambio, en China los autores Xie, Wu, Lyu y Duan en su artículo *Studying the effects of freeway alignment, traffic flow, and sign information on subjective driving workload and performance* realizaron un estudio utilizando una simulación de conducción basada en un diseño de prueba ortogonal, se evaluaron los efectos del radio horizontal de la autopista, el grado de la pendiente, el flujo de tráfico y la información de las señales sobre la carga de trabajo y el rendimiento de conducción subjetivos. Con la correlación de Pearson examinaron la relación entre la carga de trabajo y el rendimiento, además realizaron un análisis multivariante de los resultados de la varianza. Los resultados indicaron que el radio de la curva horizontal tuvo un impacto significativo en la puntuación de la carga de trabajo, la velocidad promedio y la desviación del carril. Los hallazgos de este estudio ofrecen información valiosa para mejorar la gestión del tráfico y el diseño de las instalaciones viales (Xie et al., 2019).

Se reconoce que el comportamiento humano es un factor clave que influye en la seguridad vial. Por lo tanto, es esencial enfocarse en la relevancia de los estándares de comportamiento del conductor para abordar este tipo de problemas (Farooq et al., 2019). En países con ingresos reducidos, como es el caso de India, el número de fallecimientos por accidentes de tráfico es tres veces superior en comparación con los países de ingresos altos, por ello Singh y Kathuria en su artículo *Analyzing driver behavior under naturalistic driving conditions: A review* revisaron estudios de conducción naturalista con el objetivo de recolectar datos discretos sobre el comportamiento de los conductores durante sus viajes diarios. Se encontró que los diseños geométricos inconsistentes de las carreteras, junto con una mayor densidad

de tráfico, contribuyen a un aumento en la carga de trabajo del conductor (Singh & Kathuria, 2021).

Asimismo, Dhankutea y Parida en su artículo *Risk Analysis of Rural Four Lane Divided Highway Based on Risk Index Determination By Road Safety Audit* establecieron un índice de riesgo para medir el nivel de peligro de un tramo de carretera en India sin recurrir a los datos de accidentes. Para ello, realizaron una auditoría de seguridad vial de la carretera y examinaron la exposición, el diseño geométrico, la velocidad y otros factores relevantes. El modelo utilizado para la creación del índice de peligrosidad fue el de Poisson Log Normal Distribution y el de Negative Binomial Distribution. A partir de los resultados obtenidos, priorizaron los segmentos de carretera para recibir tratamiento de seguridad y determinaron el tipo de tratamiento necesario (Dhankutea & Parida, 2019).

De la misma manera, en América las evaluaciones de carreteras suelen tomar en cuenta varios factores clave, incluyendo el tránsito promedio diario anual, el diseño geométrico y la seguridad vial.

En Estados Unidos, Apronti, Ksaibati, Gerow y Hepner en su artículo *Estimating traffic volume on Wyoming low volume roads using linear and logistic regression methods* elaboraron procedimientos completos para crear un modelo de regresión lineal y otro de regresión logística, empleando distintas variables como el uso del suelo, la superficie de las carreteras, la población, la cantidad de hogares, el acceso a las vías, el ingreso per cápita y las unidades de vivienda. Los hallazgos demostraron que ambos modelos resultan eficaces para calcular con exactitud y eficiencia el flujo de tráfico en carreteras con un bajo volumen de vehículos (Apronti et al., 2016).

Por otro lado, en Nicaragua los autores Navarro y Acuña en su artículo *Determinación de tasas de crecimiento de tráfico promedio diario anual en Nicaragua a partir de datos macroeconómicos* utilizaron una técnica estadística para analizar y predecir los datos de tráfico en carreteras. Esta técnica involucró el cálculo de tasas de crecimiento con valores extremos utilizando la media geométrica para los valores positivos y la regresión lineal por mínimos cuadrados para el análisis y la predicción de datos. Además, ajustaron esta

metodología a variables socioeconómicas como el consumo de combustible en el transporte, la variación del Producto Interno Bruto y el aumento de la población económicamente activa. Como resultado, lograron obtener proyecciones precisas y confiables sobre los volúmenes futuros de tráfico en las carreteras (Hudiel et al., 2021).

En la actualidad, el aprendizaje autónomo está generando un gran interés en el ámbito de la ingeniería de transporte, uno de los países que ha utilizado esta metodología es Estados Unidos. Das y Tsapakis en su publicación *Interpretable machine learning approach in estimating traffic volume on low-volume roadways* desarrollaron un marco innovador de aprendizaje automático interpretativo y lo aplicaron en carreteras con bajo volumen de tráfico para estimar sus niveles. Diferentes bases de datos, como los censos poblacionales, se utilizaron en este estudio y los resultados demostraron que la densidad de población y la densidad característica del área de trabajo son los mejores indicadores para predecir el tráfico promedio diario anual. Además, concluyeron que los modelos de aprendizaje automático pueden funcionar de manera más efectiva que los modelos de regresión lineal tradicionales (Das & Tsapakis, 2020).

Mejorar el comportamiento durante la conducción y evitar eventos críticos para aumentar la seguridad en las carreteras se ha convertido en un tema crucial que el entorno conectado está tratando de solucionar, dicho entorno ofrece distintas ayudas durante la conducción proporcionando información sobre el tráfico que rodea a los conductores. (Ali et al., 2019). En Estados Unidos, Ali, Sharma, Haque, Zheng y Saifuzzaman en su publicación *The impact of the connected environment on driving behavior and safety: A driving simulator study* examinaron los efectos del entorno relacionado con el comportamiento de conducción y la seguridad. Para lograr este objetivo, diseñaron un innovador experimento de simulador de conducción para imitar un entorno conectado utilizando el simulador de conducción avanzado CARRS-Q. Dando como resultados que los controladores en el entorno conectado aumentan el margen de seguridad, ya que mediante el mismo se mantiene un espacio mayor entre vehículos, se evita que se exceda el límite de velocidad publicado mediante las notificaciones a los conductores, mediante la información proporcionada sobre la brecha de

cambio de carril se tienden a realizar maniobras con un mayor margen de seguridad medido por la desaceleración requerida para evitar el choque (Ali et al., 2020).

La evaluación de vías es una actividad esencial para garantizar la seguridad de los usuarios de las carreteras y optimizar la gestión de los recursos. Sin embargo, en Ecuador, existen escasos estudios que aborden esta problemática de manera integral y sistemática. Esto se debe a diversas razones, como la falta de recursos y la priorización de otros temas de mayor relevancia para el país. A pesar de que se han realizado algunos estudios puntuales sobre la evaluación de vías en el país, estos no han sido suficientes para abarcar la complejidad del problema y generar soluciones efectivas y sostenibles que contribuyan a mejorar la seguridad y la calidad de vida de la población ecuatoriana.

García, Camacho y Montoya en su publicación *Uso del modelo iRAP para evaluar la seguridad vial en carreteras de dos carriles en Ecuador* analizaron un tramo de 25 km de una carretera de dos carriles en la provincia de Loja y Zamora, donde recopilaban información sobre el radio de curvatura, pendiente longitudinal, flujo vehicular, peatonal, de motocicletas y bicicletas, velocidad de operación, ancho del carril y costo de modernización. Utilizando estos datos, aplicaron el método iRAP para analizar la seguridad de la carretera de dos carriles, con el que se pueden identificar las áreas más peligrosas para los usuarios de la vía (García Ramírez et al., 2021).

Así mismo en la Ciudad de Machala, (Oyola Estrada et al., 2017) en su artículo *Evaluación de la congestión vehicular: Av. Castro Benítez y Vía Pajonal, Machala-Ecuador, año 2016* definieron los estudios necesarios para comprobar la falta de señalización adecuada en las carreteras de 2 y 4 carriles que los usuarios utilizan para entrar y salir de la ciudad. Para lograr esto, utilizaron varios métodos analíticos, entre los cuales incluyeron el método HCM 1985, que les permitió determinar la capacidad de las vías, las demoras y el nivel de servicio para cada acercamiento. También emplearon SYNCHRO 8.0 para modelar, optimizar, gestionar y simular los sistemas de tráfico. Basándose en los resultados obtenidos, propusieron opciones para mejorar el flujo vehicular en dicha intersección. Una de estas opciones implicaría la mejora del diseño geométrico de la vía, y para ello sugieren la ampliación de la

carretera a seis carriles, así como la inclusión de giros protegidos a la derecha y a la izquierda (Oyola Estrada et al., 2017).

2.2. Antecedentes conceptuales

Los ejes viales tienen un gran impacto en la organización de la vida colectiva de una región puesto que, al conectar diferentes áreas urbanas y suburbanas, estos ejes cambian la forma en que las personas se mueven y se relacionan entre sí, reorganizando la dinámica social y económica de la región (Silva et al., 2021). La planificación y el diseño de los ejes viales son fundamentales para garantizar una movilidad eficiente, segura y sostenible, y deben considerar factores como la densidad de tráfico, la seguridad vial, la accesibilidad y los impactos ambientales.

Actualmente, existe la necesidad de aplicar estándares de sostenibilidad en la evaluación del eje vial. Las carreteras sostenibles buscan armonizar el progreso económico y social con la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales, mediante la promoción del desarrollo comunitario y la minimización del impacto ambiental, por ello son fundamentales para los sistemas de transporte y son adoptadas por las autoridades (Ibrahim & Shaker, 2019), pero su construcción no es muy frecuente ya que implica la consideración minuciosa de la topografía, el entorno natural y la geología del lugar en el que se llevará a cabo la construcción de la vía (Attahiru et al., 2019). La evaluación cuantitativa en el diseño de carreteras es importante para garantizar que los proyectos viales cumplan con los requisitos sociales, económicos y ambientales, dichos criterios aun generan incertidumbre al momento de evaluar la vía de manera precisa y exhaustiva (Uchehara et al., 2022).

La evaluación de carreteras debe considerar varios criterios, entre los que destacan la economía, el impacto ambiental y la seguridad vial. En cuanto a la economía uno de los agentes de crecimiento económicos es la infraestructura vial, puesto que el crecimiento o la disminución de las redes viales tienen un efecto directo en la capacidad de la región para llevar a cabo diversas actividades sociales y económicas (Zepeda Ortega et al., 2019). Cuando se lleva a cabo una evaluación económica de un proyecto de carretera, se requiere considerar diversos factores que puedan influir en su viabilidad a largo plazo. Es crucial

tomar en cuenta no solo los costos y beneficios inmediatos de la construcción de la carretera, sino también los costos y beneficios a largo plazo, como el mantenimiento, los costos de operación y los efectos indirectos que puedan tener en la economía local y regional. De esta manera, una evaluación integral y precisa de los costos y beneficios del proyecto permitirá tomar decisiones informadas y asegurar el éxito de la iniciativa.

En cuanto al impacto ambiental, se deben considerar los posibles efectos en la calidad del suelo y el cambio climático. El volumen de vehículos que transita por una carretera no solo depende de factores como la calidad de la infraestructura vial o la ubicación geográfica, sino también del uso que se le dé al terreno circundante. Por lo tanto, es fundamental considerar el tipo de uso del suelo a lo largo de la vía para poder realizar una estimación precisa del flujo vehicular y diseñar una red de transporte adecuada a las necesidades de la comunidad (Pulugurtha & Mathew, 2021). Además, otro de los beneficios de la sostenibilidad en los proyectos viales es que puede contribuir a reducir las emisiones de CO₂, puesto que algunos diseños pueden aumentar la velocidad promedio del flujo y disminuir las aceleraciones, minimizando así las emisiones de gases de efecto invernadero. Es importante destacar que el cambio climático es un problema global que está ganando cada vez más importancia en todo el mundo y por ello, es necesario aplicar estos criterios de evaluación de carreteras para minimizar significativamente el daño al medio ambiente (Llopis-Castelló et al., 2018).

Finalmente, en cuanto a la seguridad vial, se deben evaluar las características geométricas de la carretera, el comportamiento de los usuarios y la señalización, entre otros factores que puedan influir en la seguridad de los conductores y peatones. Una forma de mejorar la seguridad vial es a través de un buen diseño geométrico, que contemple elementos como la alineación horizontal y vertical de la carretera (Ye et al., 2021). La evaluación de estos criterios permitirá mitigar la ocurrencia y gravedad de accidentes viales, así como garantizar la sostenibilidad y seguridad de los proyectos (Islam et al., 2019).

La alineación horizontal de una carretera es un aspecto crítico del diseño de la misma y juega un papel muy importante relacionado a la seguridad vial. En el diseño de la alineación horizontal de una carretera, se analiza la forma en que la carretera se proyecta en un plano

horizontal, lo que implica la evaluación detallada del perfil tridimensional de la carretera en relación al terreno circundante (Akhmet et al., 2022).

Los accidentes que se producen en curvas horizontales pueden tener dos causas principales: el vehículo sale de la carretera y colisiona con un objeto, o bien pierde el control y vuelca, los cuales pueden ser causados por la apariencia visual de la curva, una alineación deficiente o porque la curva es inesperadamente cerrada (Chourasia et al., 2020). En el diseño geométrico de las carreteras, el radio de la curva es un factor crítico y se relaciona directamente con el diseño de la curva horizontal. Cuando el radio de la curva horizontal es mayor, disminuyen las posibilidades de que se produzcan accidentes (Jeong & Liu, 2019). La curvatura de la carretera, medida por los radios de curva, debe ser cuidadosamente diseñada para permitir una conducción segura y cómoda.

Las pendientes también deben ser consideradas, ya que pendientes pronunciadas pueden dificultar la maniobrabilidad y la seguridad del vehículo, es decir la inclinación de la carretera es un factor que se debe tener en cuenta en el diseño geométrico, ya que un incremento en la pendiente de las vías se relaciona directamente con un aumento en la cantidad de accidentes de tráfico. (Islam et al., 2019).

Los peraltes de la carretera se deben diseñar para permitir que los vehículos circulen a una velocidad segura en las curvas. Los peraltes tienen como objetivo principal compensar la fuerza centrífuga que actúa sobre el vehículo al recorrer una curva, evitando que éste salga de la carretera (Chourasia et al., 2020). Para lograr este objetivo, la inclinación transversal de los peraltes debe situarse en un rango comprendido entre el 2,0% y el 3,0% (Islam et al., 2019).

La distancia de visibilidad se refiere a la longitud de la carretera que un conductor puede ver con claridad desde su posición actual, y es influenciada por diversos factores como la topografía del terreno, la geometría de la carretera y la presencia de obstáculos. Es importante considerar la distancia de visibilidad al diseñar carreteras, ya que una visibilidad limitada puede aumentar el riesgo de accidentes. En general, se considera que una distancia visual de

frenado adecuada es aquella que permite al conductor detener su vehículo antes de llegar a un obstáculo inesperado (Ye et al., 2021).

El ancho de carril en una vía es la medida horizontal de cada carril destinado a la circulación de vehículos. Es relevante considerar que incrementar el ancho de los carriles puede dar lugar a un notable aumento de situaciones de exceso de velocidad y de accidentes de tráfico (Wu & Lin, 2022). Además, el ancho de carril también puede afectar la capacidad de la carretera y la velocidad de circulación de los vehículos. Por lo tanto, se debe considerar cuidadosamente en el diseño de una vía, para garantizar una circulación segura y eficiente del tráfico.

El número de carriles en una vía se refiere a la cantidad de carriles para el flujo de tráfico en una dirección. Las vías pueden tener uno o varios carriles en cada dirección, y el número de carriles en una carretera puede variar según el volumen de tráfico, la velocidad y la función de la misma. A medida que aumenta el número de carriles en una sección de carretera, la probabilidad de accidentes también aumenta, lo que significa que la seguridad disminuye (Wen et al., 2021).

La importancia de las señales de tráfico en la red viaria radica en su capacidad de ser fácilmente percibidas tanto por peatones como conductores con el fin de advertir y guiar a los usuarios de la vía en cualquier momento del día (Arcos García et al., 2018). Son fundamentales para garantizar la seguridad de los usuarios de la vía, y es importante que los conductores presten atención a las señales y respeten las normas de tráfico para evitar accidentes.

La normativa INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización, Señalización Vial, 2011), nos especifica que es necesario implementar ciertas señaléticas horizontales y verticales en las vías. En cuanto a las señales horizontales se incluyen líneas blancas continuas en los bordes de la calzada para delimitar los carriles, así como líneas amarillas continuas en el centro de las curvas y líneas segmentadas en el centro de la calzada para facilitar la visibilidad y orientación de los conductores. Además, se deben instalar reductores de velocidad, tachas reflectantes para señalizar los límites y obstáculos en la vía, cruces peatonales debidamente

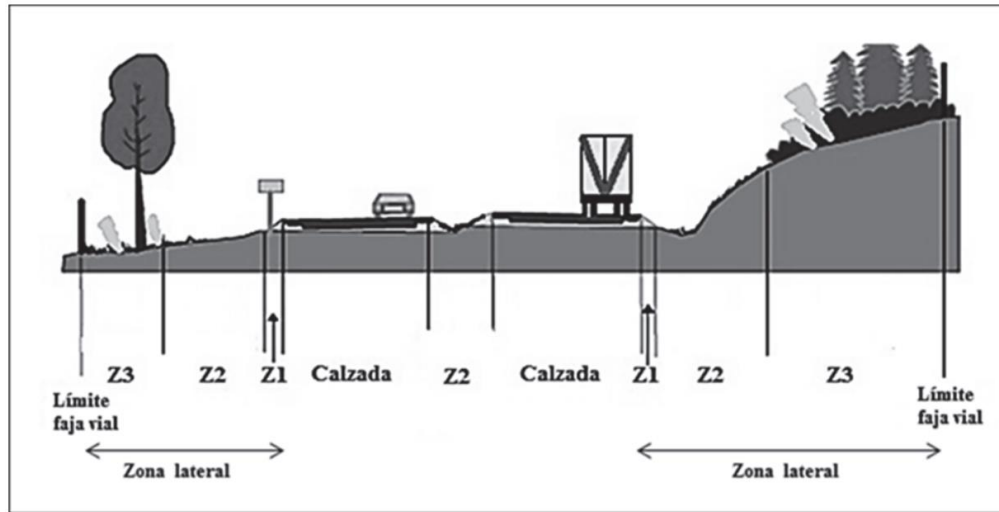
marcados y flechas direccionales en el centro de la calzada para indicar la dirección del flujo vehicular. Para las señalizaciones verticales, se engloban las señales reglamentarias, preventivas, informativas, turísticas y de servicio, abarcando tanto los postes delineadores de vía y delineadores de curva horizontal.

La velocidad es un factor crítico en la seguridad vial. Un incremento en la fluctuación de la velocidad puede señalar la existencia de potenciales problemas de seguridad relacionados con ciertas características del diseño geométrico o situaciones del tráfico (Chaudhari et al., 2022), ya que reduce el tiempo de reacción del conductor y disminuye la distancia de frenado. Además, la velocidad puede influir en la gravedad de las lesiones en caso de un accidente.

En las curvas horizontales la velocidad de operación desempeña un papel crucial en la evaluación de la congruencia del diseño vial, es decir, en qué medida el diseño vial se ajusta a las expectativas de los conductores (B. Wang et al., 2018). En situaciones ideales, los límites de velocidad en las curvas horizontales deben establecerse de manera que se aproximen al percentil 85 de las velocidades de operación del vehículo (B. Wang et al., 2018).

Además de lo anteriormente descrito, se considera a las zonas laterales de las carreteras como un parámetro fundamental para la seguridad vial, estos elementos se extienden desde la berma hasta el límite de la faja vial. En la ilustración 2, se muestran las tres zonas que conforman las zonas laterales. La primera zona, conocida como Z1, se ubica entre la berma y el ancho adicional de la plataforma de la calzada. La segunda zona, denominada Z2, es una zona libre de obstáculos y adyacente a la zona 1. Finalmente, la zona 3, o Z3, se extiende desde el despeje lateral hasta el resto de la faja vial (Rivera & Echaveguren, 2014)

Ilustración 2 Componentes de la zona lateral



Fuente: Un índice de peligrosidad para zonas laterales de carreteras de dos carriles (Rivera & Echaveguren, 2014)

2.3. Antecedentes referenciales

Los métodos estadísticos son una herramienta fundamental en la investigación y estudio del tráfico promedio diario anual. Estos métodos permiten analizar y relacionar diferentes variables que influyen en el tráfico, como las características del trazado de la carretera, la densidad de población, la actividad económica, el uso del suelo, entre otras. Al utilizar técnicas estadísticas, es posible estimar con precisión el volumen de tráfico.

Según Pulugurtha y Mathew en su artículo *Modeling AADT on local functionally classified roads using land use, road density, and nearest nonlocal road data* emplearon los métodos de regresión ponderada geográficamente y regresión de mínimos cuadrados ordinarios para calcular el tráfico promedio diario anual en las carreteras locales, utilizando diferentes tipos de datos, como el uso del suelo, la densidad de las carreteras, la distancia a la carretera no local más cercana y el tráfico promedio diario anual en la carretera no local, como variables explicativas. Los resultados del estudio mostraron que estas variables tienen una influencia significativa en el tráfico promedio diario anual de las carreteras locales, y que el modelo de regresión ponderada geográficamente es más efectivo para estimar el tráfico promedio diario anual que el modelo de regresión de mínimos cuadrados ordinarios (Pulugurtha & Mathew, 2021).

Según estudios, la forma y diseño de las curvas, intersecciones y demás elementos geométricos de una carretera pueden influir en la velocidad, la visibilidad, la estabilidad y el control del vehículo. Una de las maneras que se examinaron fue sobre la conducta del usuario de la vía, como explican los siguientes autores.

Según Bassani en su publicación *A driving simulation study to examine the impact of available sight distance on driver behavior along rural highways* llevaron a cabo un estudio para examinar la conducta de los conductores a lo largo de curvas en carreteras rurales de dos carriles con visibilidad limitada y evaluaron la distancia de visibilidad utilizando un simulador de conducción donde colocaron muros continuos a diferentes distancias del borde de la vía, específicamente a 0 metros, 1.5 metros y 3 metros. Identificaron el radio de la curva, la dirección de la misma y la distancia desde la trayectoria hasta la obstrucción de la vista como parámetros independientes importantes. Los hallazgos indicaron que la distancia mínima de visibilidad disponible era de 56,6 m, y que la velocidad y la dispersión de la trayectoria desde la línea central del carril dependían linealmente de la distancia de visibilidad disponible en el rango de radios de curva investigados de 120 a 430 m. Estos resultados fueron respaldados mediante análisis de varianza ANOVA (Bassani et al., 2019).

Babić y Brijs en su artículo *Low-cost road marking measures for increasing safety in horizontal curves: A driving simulator study* aplicaron una metodología que incluyó la utilización de un simulador de conducción con el fin de investigar el efecto de dos medidas de señalización vial de bajo costo, la mediana roja y señales de advertencia horizontales, tanto en forma individual como combinadas con una señal de advertencia vertical, sobre el comportamiento del conductor antes y durante curvas horizontales peligrosas. Se emplearon técnicas estadísticas, como el análisis de varianza (ANOVA), para analizar los datos obtenidos. Los resultados evidenciaron que ambas medidas de señalización vial resultan altamente efectivas a la hora de incrementar los niveles de seguridad en las curvas, debido a que los conductores reducían la velocidad, lo que les permitió adaptar su manejo de forma adecuada y oportuna (Babić & Brijs, 2021).

En cambio, Wang en su artículo *Examining vehicle operating speeds on rural two-lane curves using naturalistic driving data* emplearon información de conducción naturalista para

examinar cómo los conductores manejan y reaccionan ante las curvas en carreteras rurales de dos carriles. Consideraron múltiples variables, incluyendo el radio de curva, longitud de la curva, velocidad media, límite de velocidad publicado, velocidad recomendada de curva, número de intersecciones, accesos en el área de influencia de la curva, y señalización horizontal y vertical. Utilizaron el modelo de regresión de ecuaciones de estimación generalizada (GEE), para modelar la velocidad media del vehículo y se identificaron los factores contribuyentes. Entonces, concluyeron que las velocidades de los automóviles disminuyen rápidamente cuando el radio de la curva es menor de 900 a 1000 pies en la carretera rural de dos carriles, pero la velocidad se estabiliza con un radio más grande (B. Wang et al., 2018).

Existen investigaciones que analizaron los índices de peligrosidad y seguridad vial como herramientas utilizadas para evaluar la seguridad en las carreteras y las redes viales. Estos índices se basan en diferentes factores, la velocidad, la densidad de tráfico, despeje de zonas laterales y la geometría de la carretera, y se utilizan para identificar y priorizar las áreas problemáticas en una red vial.

Rivera y Echaveguren en su artículo *Un índice de peligrosidad para zonas laterales de carreteras de dos carriles* realizaron un análisis de los modelos existentes para clasificar la peligrosidad en carreteras, incluyendo el índice de peligrosidad en la carretera y el índice de seguridad vial, se centraron en las zonas laterales de la carretera y seleccionaron las variables de modelado. Estas variables incluyeron la jerarquía de la vía, el volumen de tráfico en vehículos por día y año, el despeje lateral, el talud transversal de la zona lateral y la presencia de barreras de contención. A partir de los datos obtenidos, realizaron un análisis de regresión lineal generalizada (GLM). Los resultados indicaron que el despeje lateral es el factor más influyente en la peligrosidad, especialmente en curvas, y que la presencia de barreras en curvas con taludes pronunciados reduce la peligrosidad (Rivera & Echaveguren, 2014).

3. Metodología

3.1 Modalidad básica de la investigación.

3.1.1. Enfoque

Esta investigación se basó en la aplicación de procesos sistemáticos, reflexivos y empíricos, donde se analizaron tres variables distintas como el uso del suelo en la zona adyacente a la vía de estudio, la peligrosidad en las zonas laterales y el diseño geométrico. Con este enfoque mixto, se recopilaron datos relevantes y se llevaron a cabo análisis detallados para comprender cómo estas variables influyen en la eficiencia y la seguridad de una vía.

3.2 Tipo de investigación.

Exploratoria. - Se basa en la recopilación de información de artículos que nos permite obtener una visión general y detallada del tema de estudio, examinando las teorías existentes, los estudios previos y las opiniones de expertos. Las técnicas del trabajo de campo serán la observación directa y cuestionarios mediante los instrumentos como fichas de observación y encuestas. Con este tipo de investigación se identificará y evaluará las teorías y variables.

Descriptiva. - Mediante este tipo de estudio, podemos analizar detalladamente la información recopilada con el fin de comprender la importancia de la vía, evaluar su conectividad, peligrosidad y seguridad vial. Esto nos permite obtener una evaluación más precisa del servicio de vialidad.

3.3. Población y muestra.

Tomando en consideración la perspectiva del usuario en relación a los elementos del diseño geométrico de la vía, se realizará una encuesta en la vía E584, específicamente en un tramo del cantón El Guabo, en la cual se obtendrá información específica para evaluar la seguridad vial.

3.3.1. Población

Se obtuvo una base de datos de aforo vehicular, donde se registró un flujo promedio por día de 8680 vehículos en dirección Pasaje al Guabo, el cual se utiliza para establecer una muestra representativa. De esta manera, se asegura que la población seleccionada sea lo suficientemente amplia como para reflejar la diversidad del flujo vehicular y permitir la extracción de conclusiones relevantes.

3.3.2. Muestra

El tamaño de la muestra de estudio estará definido por la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 pqN}{E^2(N - 1) + Z^2 pq}$$

Ecuación 1 Tamaño de la muestra

- n es el tamaño de la muestra
- Z es el nivel de confianza 90%= 1.645
- p es la probabilidad de éxito 50%= 0.5
- q es la probabilidad de fracaso 50%= 0.5
- E es el nivel de error 10%= 0.1
- N es el tamaño de la población= 8680

Dando como resultado una muestra de 68 encuestados.

3.4 Métodos con los materiales utilizados

3.4.1 Método teórico

Teórico documental. - Esta técnica se basa en la recopilación y el análisis detallado de la documentación bibliográfica, con la cual se establecen las bases teóricas y técnicas necesarias para fundamentar el proyecto de titulación que aborda la evaluación del servicio de vialidad en vías intercantonales.

3.4.2 Método empírico

Ficha de observación. - Se utilizarán fichas de observación para analizar el uso de suelo, la señalización vial y las zonas laterales. En relación al uso de suelo, se recopilarán datos sobre áreas agrícolas y residenciales, mientras que, para las señales de tránsito, se observará tanto su presencia como su nivel de deterioro. Por otro lado, para las zonas laterales, se obtendrán datos sobre el despeje lateral y se registrarán los obstáculos adyacentes a la vía.

Encuesta. - Se aplicará una encuesta que servirá para recopilar datos y obtener información relevante relacionada a la opinión y percepción de los usuarios que circulan con regularidad por la vía E584. Las preguntas de la encuesta abordaron temas relacionados con la vía, como los radios de curva, distancias de visibilidad, señalización, velocidad y la seguridad vial (Ver Anexo 1).

Conteo vehicular. - Se realizará un aforo vehicular durante 24 horas, por 3 días, con la utilización de contadores automáticos (METRO COUNT), los cuales serán ubicados de manera estratégica en los tramos correspondientes a las entradas de los cantones, específicamente a 700 metros de la entrada de Pasaje y 650 metros a la salida de El Guabo. Para completar este procedimiento se utiliza el programa MetroCount Traffic Executive mediante el cual se conseguirá información sobre el volumen de tráfico en la sección de la carretera analizada y, al mismo tiempo, se determinará las velocidades en el lugar de aforo.

3.5 Técnicas para el procesamiento de los datos obtenidos

El proceso a seguir es la aplicación de las fichas de observación de uso de suelo, señaléticas y zonas laterales mediante inspecciones visuales, luego de obtener esta información se realiza el conteo vehicular y pasado los 3 días de aforo se procede a transferir los datos recopilados por los dispositivos empleando el programa MetroCount Traffic Executive para obtener el total de vehículos que transitan por la vía y con ello calcular el tamaño de la muestra para aplicar las encuestas.

Una vez que se ha aplicado todos los métodos empíricos se realiza el análisis y cálculos de los datos obtenidos. En el uso de suelo se utiliza el software AutoCAD para calcular el área

de la categoría que predomina dentro de la faja vial, además mediante ArcGIS Pro se mide la distancia de todos los lugares registrados en la observación directa a la carretera de estudio. Por otro lado, con el aforo vehicular se realiza el cálculo del TPDA y con el tráfico esperado se obtiene la clasificación de la vía según la MTOP. Estos datos son importantes para evaluar el cumplimiento de los indicadores de importancia y conectividad.

En cambio, con los datos de despeje lateral, tipo de obstáculo, presencia de barreras de contención y geometría de la vía que son referentes a las zonas laterales se emplea el índice de clasificación de peligro en la carretera (RHR) para evaluar el nivel de peligrosidad.

Para la evaluación de la seguridad vial se realiza un análisis comparativo con los elementos del diseño geométrico, con respecto a la distancia de la visibilidad se considera el despeje lateral y la percepción del usuario. En cuanto a la velocidad de diseño se determina a partir de la gráfica de ojiva obtenida por el programa MetroCount Traffic Executive y se realiza un contraste con la velocidad con la que el conductor circula normalmente por la vía. En relación a los radios de curvas se compara los radios medidos con el software AutoCAD y los radios mínimos según la velocidad de diseño de las normas NEVI. Para las señales de tránsito se tomó en cuenta la perspectiva del conductor y la ficha de observación del estado y presencia de señaléticas. Por otro lado, para el ancho de carril se realiza una medición directa utilizando una cinta métrica y se evalúa con el ancho mínimo de las normas INEN. Por último, para las barreras de protección se evalúa su presencia en la vía.

Proceso de Jerarquía Analítica (AHP). - Se realizará un análisis jerárquico, que se fundamenta en la comparación de elementos por pares, con el propósito de valorar las diversas alternativas y establecer la importancia de cada criterio, además, permitirá establecer prioridades en cada nivel y ponderar de manera precisa y adecuada los diferentes parámetros claves en la vía de estudio (López Serrano et al., 2021). Para este propósito, se consideraron cuatro criterios como la importancia, conectividad, índice de peligrosidad y seguridad vial (Ver Anexo 2).

4. Análisis e interpretación de resultados

4.1 Criterios para la evaluación de carreteras

Los criterios para la evaluación de carreteras se sustentan en los artículos de varios autores, entre ellos Pulugurtha y Mathew, Rivera y Echaveguren, Wang et al., Babić y Brijs, Bassani et al., estos artículos abordan tres procesos técnicos como: el uso de suelo, las zonas laterales y el diseño geométrico. Los artículos mencionados proporcionan conceptos fundamentales que han sido extraídos y utilizados para desarrollar la metodología propuesta.

Para recopilar las variables de uso de la tierra se considera una zona de influencia de 30 metros a lo largo del eje vial. Esta medida se considera adecuada, ya que zonas más reducidas permiten obtener datos socioeconómicos precisos en las proximidades de la carretera (Pulugurtha & Mathew, 2021). En la tabla 1 se presentan las categorías de uso del suelo utilizadas para identificar la zona de mayor influencia de la vía.

Tabla 1 Categorías de uso de suelo

Categorías de uso del suelo	Descripción
Agrícola	Superficie utilizada con fines agrícolas
Institucional	Escuelas públicas
Servicio comercial	Taller mecánico, vulcanizadora.
Gobierno	GAD parroquiales.
Industria ligera	Empacadoras de banano, haciendas, fincas, peladoras de pollos, canteras, distribuidor de paneles solares.
Mobiliaria urbana	Canchas múltiples, parques, casas comunales, centros de salud, biblioteca, tenencia política, gimnasio.
Recreativo/social	Auto hoteles, iglesia, centro de hipo terapia.
Venta minorista	Tiendas minoristas.
Residencial Unifamiliar	Viviendas unifamiliares.
Transportación	Paraderos o estaciones de buses.
Depósito	Centro de acopio de cacao, banano, recicladora, garaje de cabezales, depósito de puntales de banano.

Fuente: Modeling AADT on local functionally classified roads using land use, road density, and nearest nonlocal road data (Pulugurtha & Mathew, 2021)

En cambio, para las zonas laterales, según el reglamento aplicativo de la ley de caminos de la República del Ecuador, la distancia debe ser de 25 metros.

Las variables que se utilizan para determinar el índice de peligrosidad son el despeje lateral, el tipo de obstáculo, la presencia de barreras de contención y la geometría de la vía. Estas variables se registran mediante inspecciones visuales, para obtener el despeje lateral, se mide directamente la distancia horizontal entre la berma y el obstáculo en la faja vial utilizando una cinta métrica. Además, se identifica visualmente el objeto más cercano a la calzada que pudiera constituir un riesgo en caso de pérdida de control vehicular, y se registra como el tipo de obstáculo presente. Adicionalmente, se toma nota de la presencia o ausencia de barreras de contención y se determina el número de rectas y curvas presentes en la vía (Rivera & Echaveguren, 2014).

El índice de clasificación de peligro en la carretera (RHR) determina el nivel de peligrosidad vial, basándose en las zonas laterales de la carretera. Este índice utiliza una escala de calificación de peligros que varía de 1 a 7, donde 1 representa el nivel más bajo de peligro y 7 el más alto, con una alta posibilidad de colisionar con objetos y experimentar lesiones, tal como se detalla en la tabla 2.

Tabla 2 Criterios para calcular el índice RHR

RHR	Despeje lateral (m)	Talud	Recuperación del control	Característica de la zona lateral
1	≥ 9.0	menor a 1:4	Si	Llana y no rugosa
2	6.0 - 7.5	1:4	Si	Llana y no rugosa
3	3.0	1:3 a 1:4	Si	Superficie rugosa
4	1.5 - 3.0	1:3 a 1:4	Si	Barreras, árboles, postes, otros
5	1.5 - 3.0	1:3	No	Barreras
6	< 1.5	1:2	No	Sin barrera - obstáculos rígidos
7	< 1.5	mayor a 1:2	No	Sin barrera -risco o corte vertical

Fuente: Un índice de peligrosidad para zonas laterales de carreteras de dos carriles (Rivera & Echaveguren, 2014)

El nivel de peligrosidad se asignará dependiendo de los parámetros que se cumplan, por otro lado, en casos donde las condiciones de las zonas laterales son cambiantes y la peligrosidad

varía a lo largo de la carretera, se realizará un promedio de los niveles RHR, el cual representará la peligrosidad general de la vía (Rivera & Echaveguren, 2014).

Las ponderaciones establecidas fueron obtenidas mediante un proceso de jerarquía analítica (AHP), donde ingenieros civiles expertos en el área calificaron cada indicador, esto garantizó un enfoque confiable en la asignación de pesos a los diferentes criterios evaluados. El uso de suelo obtuvo un valor de 0.40, al igual que el diseño geométrico y por último para las zonas laterales se tiene un puntaje de 0.20 lo que sumado da una ponderación de 1.

El uso de suelo se evaluará mediante dos indicadores, el primero se enfoca en la importancia de la vía, tomando en consideración la categoría de mayor influencia dentro de la faja vial y la cantidad de vehículos que pasan por la carretera, si la vía cumple con ser importante para el sector se le da una ponderación de 0.15, en caso de no cumplir obtendrá una ponderación de 0.

La conectividad vial es el segundo indicador que evaluará este criterio, el cual se realiza mediante un análisis comparativo entre las distancias de los lugares adyacentes a la carretera y la clasificación de la vía mediante el Trafico Promedio Diario Anual (TPDA). Si el criterio se cumple se asignará una calificación de 0.25, caso contrario tendrá una valoración de 0.

Las zonas laterales se evaluarán con el indicador del índice de peligrosidad, mediante un análisis comparativo entre los datos de la observación directa y el índice de clasificación del peligro de la carretera (RHR). El criterio se cumple si la vía tiene un índice de peligrosidad bajo por lo que tendrá un valor de 0.20 y de no cumplirse un valor de 0

Por último, el diseño geométrico se evaluará con el cuarto indicador que se centra en la seguridad vial, analizando los elementos del diseño geométrico que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3 Parámetros para la evaluación de la Seguridad vial

Criterio	Indicador	Definición	Instrumento	Método	Evaluación
Seguridad vial	Distancia de visibilidad	Distancia limite a la que un vehículo visualiza a otro objeto.	Lista de cotejo -Encuesta -Despeje lateral	Análisis comparativo entre la percepción del usuario y el despeje lateral.	Cumple con una distancia de visibilidad optima.
	Velocidad	Velocidad de diseño con la que el conductor transita por la vía conservando su seguridad.	Lista de cotejo -Encuesta -Contadores vehiculares	Análisis comparativo entre la percepción del usuario y la velocidad de diseño obtenida a partir del gráfico de ojiva de velocidades.	La vía cumple con la velocidad de diseño.
	Radio de curva	Radios de curvas medidos a lo largo de la carretera.	Lista de cotejo -Encuesta -Obtención de datos mediante AutoCAD y verificación con los parámetros de la normativa MTOP	Análisis comparativo entre la percepción del usuario, radios medidos en AutoCAD y radios mínimos establecidos por la MTOP.	Cumplen con los radios establecidos en la MTOP.
	Señales de tráfico	Presencia y nivel de deterioro de las señaléticas	Lista de cotejo -Encuesta -Ficha de observación	Análisis comparativo entre la percepción del usuario y los datos de la inspección visual.	Cumple con la señalización adecuada.

	Barreras de protección	Presencia de barreras de protección al borde de la vía.	Lista de cotejo -Encuesta -Ficha de observación de las zonas laterales de la vía	Análisis comparativo entre la percepción del usuario y los datos de inspección visual.	Cumple con la presencia de barreras de seguridad.
	Ancho de carril	Anchos de carril medidos a lo largo de la carretera.	Lista de cotejo -Encuesta -Medición directa y verificación con la norma INEN	Análisis comparativo entre la percepción del usuario, los datos de la medición directa y los anchos mínimos según al INEN.	Cumple con el ancho mínimo según las normas INEN.

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el nivel de seguridad vial y su ponderación, se evalúa la cantidad de parámetros que cumplen. En función del número de parámetros que se cumplan, se asignará un nivel de seguridad vial a la carretera en cuestión. Si la vía cumple con más de 3 parámetros, se considerará que tiene una alta seguridad vial otorgándole un valor de 0.40. Si cumple con una cantidad de 3 parámetros, se considerará que tiene una seguridad vial media por lo que obtendrá una calificación de 0.20. Por otro lado, si cumple menos de 3 parámetros, se considerará que su seguridad vial es baja por lo que no cumple con el criterio y tendrá un valor de 0. Estos indicadores de evaluación se presentan en la tabla 4, donde se aborda de manera sintetizada el desarrollo de la propuesta.

Tabla 4 Indicadores para la evaluación de carreteras

Proceso	Indicador	Definición	Instrumento	Método	Evaluación	Ponderación
Uso del suelo	Importancia de la vía	Grado de importancia analizada mediante las áreas de terreno utilizadas para diversos fines que se encuentran a lo largo de la vía.	Ficha de observación con las categorías de uso del suelo	Análisis de contenido.	La vía cumple con ser importante para el sector.	0.15
	Conectividad vial	Clasificación obtenida por el TPDA y distancias para llegar a los lugares importantes de manera rápida y eficiente.	Ficha de observación con las categorías de uso del suelo. Contadores de tráfico	Análisis comparativo entre la clasificación del MTOP con el TPDA y las distancias a la vía.	Cumple con una adecuada conectividad vial.	0.25
Zonas Laterales	Índice de peligrosidad	Nivel de peligrosidad presente en la vía.	Ficha de observación con las variables de las zonas laterales de la vía	Análisis comparativo entre los datos de la observación directa y el índice de clasificación del peligro de la carretera.	Cumple con un índice de peligrosidad bajo.	0.20
Diseño Geométrico	Seguridad vial	Evaluación de los siguientes parámetros: distancia de visibilidad, radios de curvas, señaléticas, velocidad, barreras de protección y ancho de carril.	Tabla de evaluación de seguridad vial	Análisis de los criterios de cumplimiento de la tabla 3	Cumple con una adecuada seguridad vial	0.40
TOTAL						1

Fuente: Elaboración propia

Con el propósito de determinar la evaluación total del servicio de vialidad, se presenta a continuación la tabla 5 con tres rangos donde se califica cada parámetro en función de la revisión de artículos y criterios.

Tabla 5 Evaluación del nivel de Servicio de vialidad

Ponderación	Descripción
De 0.75 a 1	Servicio de vialidad adecuado
Entre 0.5 y menor a 0.75	Servicio de vialidad regular
Menor a 0.5	Servicio de vialidad inadecuado

Fuente: Elaboración propia

4.2. Evaluación del servicio de vialidad de la vía E584 Pasaje – El Guabo

4.2.1 Conectividad vial

Para la evaluación de este indicador se relacionan las variables de uso de suelo y el diseño geométrico de la vía. Mediante el uso de suelo se encontró que la mayoría de los sitios importantes se localizan a distancias considerables, lo que dificulta su acceso y puede disminuir la interacción entre los usuarios y estos lugares. Por otro lado, a través del TPDA se clasificó la vía mediante el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), esta clasificación no corresponde con el diseño geométrico actual, ya que no concuerda con las características necesarias para ser considerada una Autovía (AV1). Esto implica que no se cuenta con calzadas separadas para cada sentido de circulación y la limitación de accesos a las propiedades colindantes se ve afectada por la presencia de viviendas cercanas a la vía. En consecuencia, la conectividad vial existente no es adecuada, por lo que tendrá una ponderación de 0.

A continuación, se detallan los datos obtenidos en el uso del suelo para ampliar la información mencionada anteriormente. Mediante el software AutoCAD se determinó que a lo largo del eje vial existen 446939.49 m² de plantaciones de banano y cacao, asimismo, se contabilizaron 191 viviendas residenciales tomando en cuenta la zona de influencia considerada. Por otro lado, se registraron datos de las diferentes categorías y se encontraron dos escuelas públicas, tres mecánicas, una vulcanizadora, un GAD parroquial, una peladora

de pollo, dos canteras de material pétreo, un distribuidor de paneles solares, 30 empacadoras, 14 haciendas, tres canchas múltiples, una casa comunal, un parque, una biblioteca, un espacio de tenencia política, un gimnasio, tres iglesias, dos auto hoteles, un centro de hipo terapia, 17 tiendas y restaurantes, cuatro paradas de buses, tres centros de acopio de cacao y banano, una recicladora, un garaje de cabezales y un depósito de puntales de banano. Los lugares antes mencionados fueron considerados los más importantes y los que representan el mayor flujo peatonal a lo largo de la vía por lo que se optó por no limitar la búsqueda a la faja de 30 m (Ver Anexo 3).

Ilustración 3 Extracción del uso del suelo dentro de una zona de influencia de 30 metros

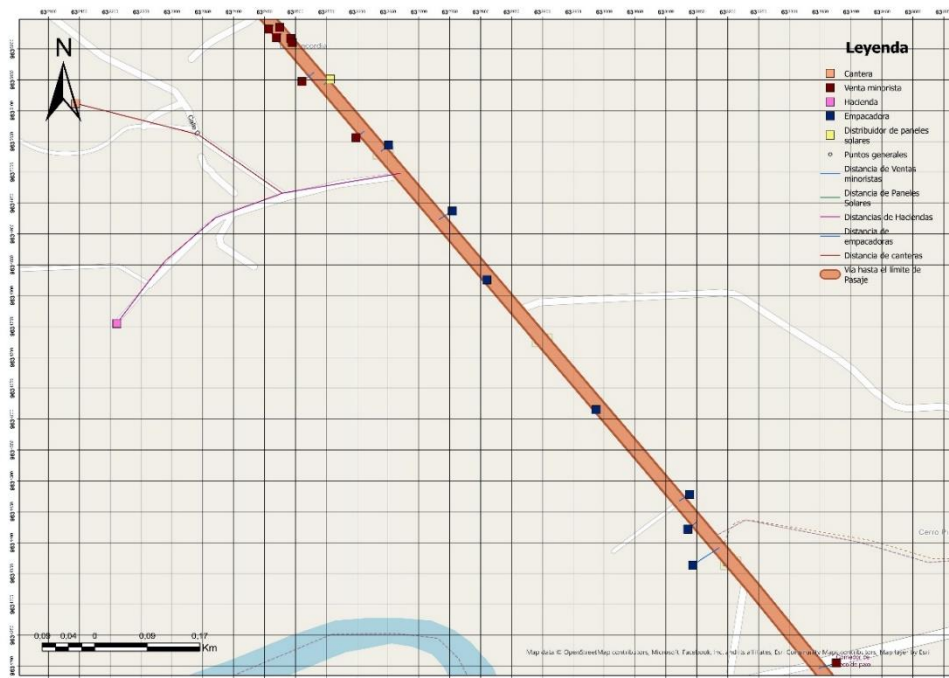


Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se ha identificado un total de 98 lugares relevantes a lo largo de la vía, considerando distancias que van desde los 5 hasta los 800 m. De este total, el 48.98% corresponde a 48 lugares que se encuentran ubicados a una distancia de 5 a 20 m del eje vial y son considerados cercanos a la vía, mientras que el 51.02% les pertenecen a los 50 lugares

que se encuentra en un rango de 20 a 800 m (Ver Anexo 4). Esta información fue relevante ya que permitió identificar los lugares de mayor interés y su relación con la vía en cuestión.

Ilustración 4 Distancias de lugares próximos a la vía



Fuente: Elaboración propia

Para determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se utilizó la información recolectada por los contadores vehiculares durante los tres días de aforo. Los resultados indican que en la dirección de Pasaje al Guabo se tiene un TPDA de 6293 vehículos y se proyecta un tráfico futuro de 12198 vehículos, categorizando la vía como una Autovía (AV1) según la clasificación de la MTOP (Ver Anexo 5). En la dirección opuesta, de Guabo a Pasaje, se obtuvo un TPDA de 4544 vehículos y se proyecta un tráfico futuro de 9296 vehículos, siendo categorizada como una Autovía (AV1) (Ver Anexo 6). Para el cálculo del tráfico futuro se utilizó el tráfico asignado obtenido a partir del TPDA, una tasa de crecimiento que depende del tipo de vehículo y un periodo de proyección de 20 años.

Importancia de la vía

La superficie total de la vía E584 Pasaje – El Guabo, considerando la faja de 30 m de ancho, es de 701206.69 m². Del total, 446939.49 m² correspondiente al 63.74% se compone de zonas

agrícolas con plantaciones de banano y cacao, mientras que la superficie restante está ocupada por zonas comerciales, residenciales y terrenos baldíos; lo cual refleja que la vía de estudio está fuertemente influenciada por la extensa zona agrícola que la rodea. De la misma forma, tomando en consideración que cuenta con una gran afluencia de vehículos, y que desempeña un papel fundamental al conectar dos importantes cantones y cinco comunidades rurales, dentro de las cuales se encuentran lugares de gran relevancia que generan un gran flujo de personas, la convierte en una ruta esencial ya sea para el transporte o la comercialización de productos. Por estas razones, se le otorga el puntaje máximo de 0.15 que le corresponde a este indicador.

4.2.2 Índice de peligrosidad

Los datos recopilados en campo de las zonas laterales se presentan en detalle en la tabla 6. Estos datos resultan indispensables para evaluar y determinar el nivel de peligrosidad de la carretera. La información contenida en esta tabla proporciona aspectos relevantes de las zonas laterales.

Tabla 6 Resultado del Índice de peligrosidad

	# Tramos	Despeje (m)	Barreras	Obstáculos (#)	Distancias a obstáculos
Rectas	18	0 – 5.3	No	Árbol (23), Zanja (17), Poste (120), Rocas (7), Plantaciones de banano y cacao (228765.538 m ²), Linderos (11), Casas (43), Cerramientos o muros (18)	Menos de 3 metros
Curvas	17	0 – 10	No	Árbol (24), Zanja (9), Poste (51), Cúmulos de rocas (25), Plantaciones de banano y cacao (57945.071 m ²), Linderos (10), Casas (31), Cerramientos o muros (3).	Menos de 3 metros

Fuente: Elaboración propia

En base al índice RHR se determinó la clasificación del peligro de la carretera, alcanzando un puntaje de nivel 6 que hace alusión a una peligrosidad alta, por tal motivo, tendrá una

valoración de 0. Este nivel de peligrosidad se caracteriza por diversos parámetros, como un despeje lateral menor a 1.5 m, ausencia de barreras de protección y la presencia de obstáculos rígidos. Es importante mencionar que a partir de los datos de uso de suelo se determina la influencia predominante de las zonas agrícolas, en donde las plantaciones de banano y cacao se destacan de los obstáculos mencionados en la tabla 6, ya que se encuentran muy próximas a la vía. Esta cercanía reduce significativamente el espacio disponible para maniobrar y recuperar el control de un vehículo en caso de pérdida de estabilidad (Ver Anexo 7).

4.2.3 Seguridad vial

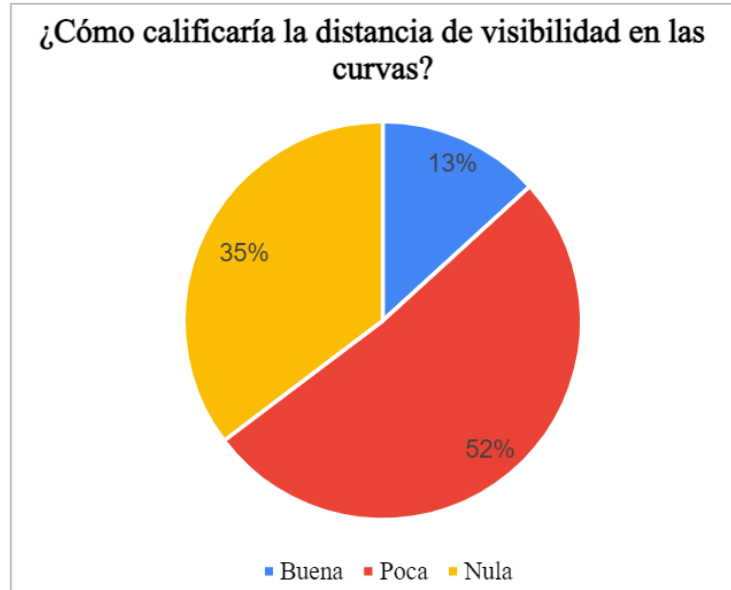
Para determinar la seguridad vial se consideraron los siguientes parámetros: distancia de visibilidad, velocidad, radios de curvas, señaléticas, barreras de protección y ancho de carril. Estos elementos geométricos se evaluaron tomando en cuenta la perspectiva del usuario y datos de las zonas laterales. La encuesta abordó seis preguntas, cada una de ellas correspondía a los parámetros evaluados, y fueron realizadas a conductores que circulan diariamente por la vía en cuestión, lo que garantiza que sus respuestas reflejan la situación actual de la misma. De un total de 68 personas encuestadas, 60 fueron hombres (88%) y 8 mujeres (12%). Los participantes contaban con experiencia de conducción de 1 a 50 años y edades comprendidas entre los 20 y 80 años.

Distancia de visibilidad

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI – 12) para una velocidad de diseño de 60 km/h la distancia de visibilidad de parada debe estar dentro del rango de 74 a 85 m. Mediante el software AutoCAD se determinó que geoméricamente 13 de las curvas no cumplen con lo establecido en la normativa. De la misma manera, con los datos de la inspección directa de las zonas laterales se identificó que 11 curvas no tienen despeje lateral, lo que resulta en una visibilidad inadecuada debido al crecimiento de maleza en los bordes de la carretera. Asimismo, las otras seis curvas restantes cuentan con un despeje lateral de solo 1.5 m, lo cual no es suficiente para garantizar una buena visibilidad y seguridad vial. Además de lo anterior, al preguntar sobre la distancia de visibilidad en las curvas, se encontró que el 52% de los encuestados consideraron que esta distancia es poca, mientras que el 35% opinaron que es

nula y tan solo el 13% afirmaron que la distancia es buena, de tal manera se tiene congruencia entre las tres fuentes de evaluación.

Ilustración 5 Distancia de visibilidad

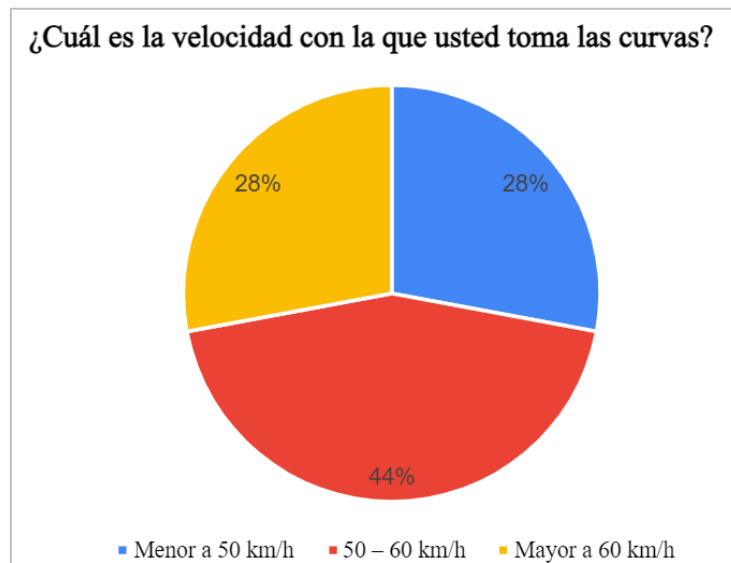


Fuente: Elaboración propia

Velocidad

Siguiendo con los resultados de las encuestas, enfocados esta vez en la velocidad, se obtuvo que el 44% de los conductores toman las curvas dentro de un rango de 50 – 60 km/h, mientras que el 28% conducen con una velocidad menor a 50 km/h y el 28% restante mayor a 60 km/h. Al contrastar esta información con los datos proporcionados por el contador vehicular, se identificó que las velocidades de diseño que corresponden al percentil 85% de Pasaje al Guabo es de 66 km/h (Ver Anexo 8) y en la dirección opuesta El Guabo- Pasaje es de 52 km/h (Ver Anexo 9). Realizando un promedio entre ambas velocidades, se obtuvo una velocidad de 59 km/h, lo que confirma que la mayoría de los conductores circulan dentro del rango registrado por el contador.

Ilustración 6 Velocidad



Fuente: Elaboración propia

Radios de curvas

La NEVI 12, establece una recomendación mínima para el radio de las curvas en función de las velocidades de diseño y los peraltes. Con una velocidad de diseño de 59 km/h y un peralte máximo de 4%, el radio mínimo recomendado es de 145 m (Ver Anexo 10). Para determinar si las curvas de la vía cumplen con lo establecido en el reglamento, se midió con precisión los radios de curvatura, utilizando el software AutoCAD y se realizó un análisis comparativo, obteniendo que, de las 17 curvas de la carretera, solamente cuatro no cumplen con la normativa.

Ilustración 7 Radios de curvas medidos en AutoCAD



Fuente: Elaboración propia

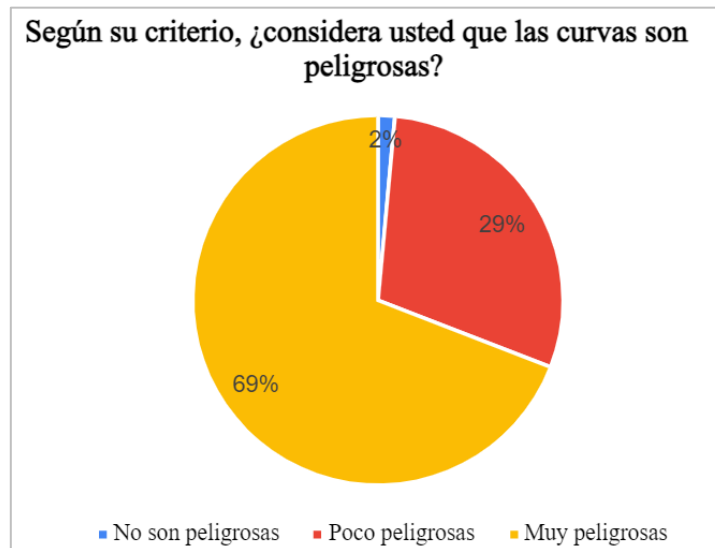
Tabla 7 Comparación de los radios de curvas

Velocidad = 59 km/h			
	Radio Medido (m)	Radio Mínimo (m)	Cumple/No cumple
Curva 1	178.85	145	Cumple
Curva 2	147.4	145	Cumple
Curva 3	80.97	145	No cumple
Curva 4	109.58	145	No cumple
Curva 5	657.45	145	Cumple
Curva 6	218.78	145	Cumple
Curva 7	401.72	145	Cumple
Curva 8	105.34	145	No cumple
Curva 9	121.59	145	No cumple
Curva 10	160.11	145	Cumple
Curva 11	373.88	145	Cumple
Curva 12	203.64	145	Cumple
Curva 13	153.29	145	Cumple
Curva 14	231.77	145	Cumple
Curva 15	217.26	145	Cumple
Curva 16	335.59	145	Cumple
Curva 17	204.72	145	Cumple

Fuente: Elaboración propia

En cambio, los resultados de la encuesta sobre la peligrosidad de las curvas revelaron que el 69% de los conductores consideran que son muy peligrosas, mientras que el 29% las encuentran poco peligrosas y solo el 2% asegura que no son peligrosas.

Ilustración 8 Peligrosidad en las curvas



Fuente: Elaboración propia

Aunque la mayoría de las curvas cumplen con el radio mínimo recomendado, los conductores perciben que estas son muy peligrosas debido a factores externos, tales como las distancias de visibilidad, el despeje lateral y la presencia de obstáculos laterales en la vía.

Señaléticas

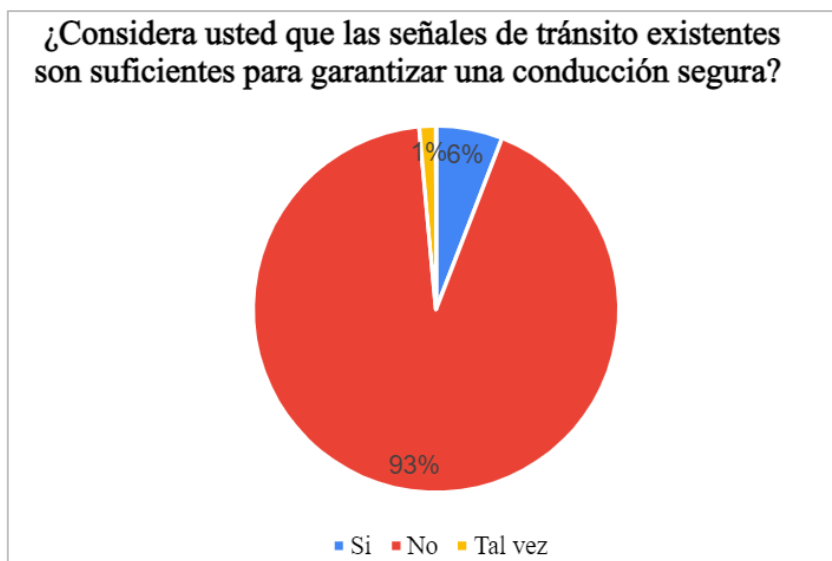
En lo que respecta a las señaléticas horizontales y verticales, los conductores han expresado que hay una escasez de estas señales y que las pocas que existen no son suficientes. A través de la inspección visual realizada, se observa que algunas de las señaléticas horizontales no están presentes o tienen un nivel de deterioro alto en la vía. En concreto, las líneas blancas continuas en los bordes de la calzada no son visibles, al igual que las líneas amarillas continuas en el centro de la curva y las segmentadas en el centro de la calzada que tienen un alto nivel de deterioro debido al desgaste de la pintura. En cuanto al único reductor de velocidad existente en la vía, se encuentra en condiciones aceptables. Sin embargo, es

importante destacar que hay ausencia de algunos símbolos importantes como tachas reflexivas, cruce peatonal y flechas direccionales en el centro de la calzada (Ver Anexo 11).

Con respecto a las señaléticas verticales, existen dos señaléticas reglamentarias, una de reducción de velocidad que se encuentra en mal estado y otra de parada de bus que se encuentra en buen estado, además, hay catorce señaléticas preventivas distintas, de las cuales las señaléticas de entrada y salida de vehículos y cruce peatonal se encuentran en mal estado, mientras que, las señaléticas de curvas abiertas a la izquierda, curvas abiertas a la derecha y el reductor de velocidad tienen un estado regular o aceptable. Las cinco señales informativas que indican los nombres de los pueblos y la señal turística y de servicio se encuentran en buen estado. Sin embargo, se observa la ausencia de postes delineadores de vía y delineadores de curva horizontal, lo cual puede ser un riesgo para la seguridad vial (Ver Anexo 12).

Con los datos obtenidos con anterioridad, se ha confirmado que las señales existentes en la carretera están en mal estado y que hay algunas señales faltantes que son importantes para garantizar la seguridad en la conducción.

Ilustración 9 Señaléticas existentes

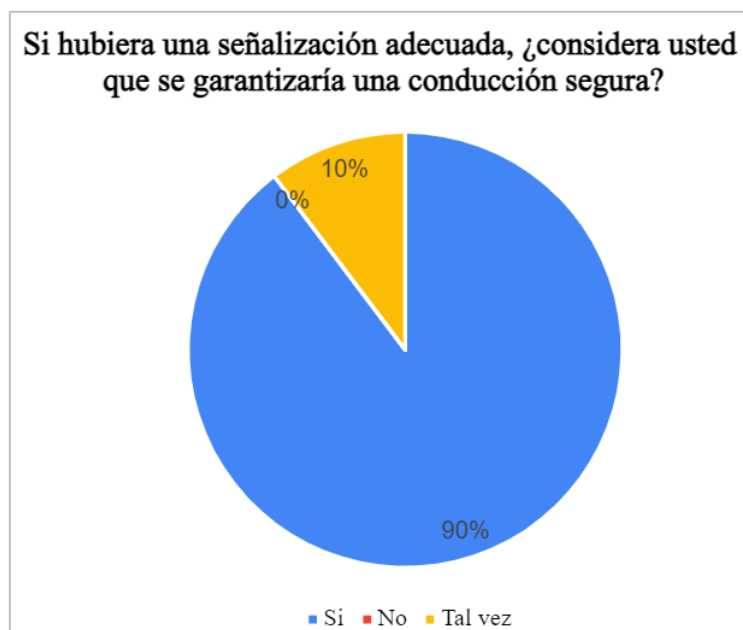


Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la encuesta también evidenciaron que la mayoría de los conductores están conscientes de la importancia de una señalización adecuada para garantizar una conducción

segura. De hecho, un gran porcentaje de ellos específicamente el 90% coincidieron en que la señalización es fundamental para conocer la ubicación de las curvas y para estar alerta de los peligros potenciales que puedan presentarse en la vía. Es por ello que consideran que una señalización adecuada no solo sería útil, sino que también contribuiría significativamente a la seguridad de la vía.

Ilustración 10 Implementación de señaléticas



Fuente: Elaboración propia

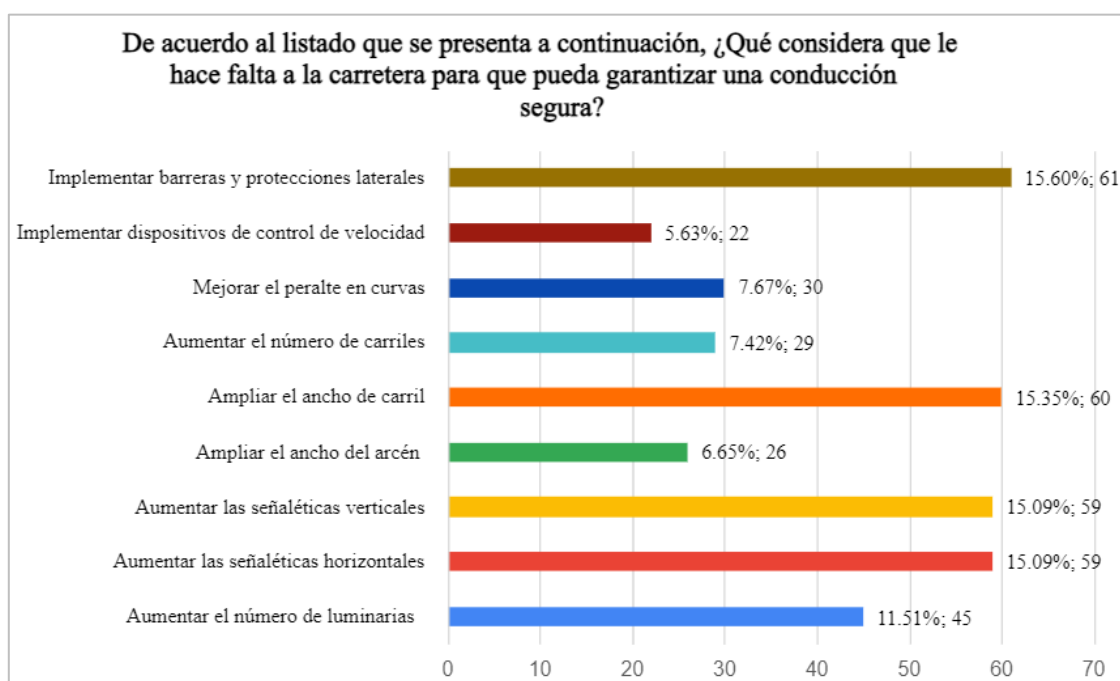
Barreras de protección y ancho de carril

Con respecto a las barreras de protección, según los resultados de la observación realizada en las zonas laterales se evidenció la inexistencia de estos elementos a lo largo de la vía. Esto concuerda con la última pregunta relacionada a la seguridad vial, donde los encuestados expresaron que es necesario implementar barreras y protecciones laterales en la vía de estudio para asegurar la seguridad de los usuarios. La incorporación de estos dispositivos no solo aumenta la seguridad, sino que también proporciona una sensación de confianza y tranquilidad a los conductores que transitan por la zona.

En cuanto al ancho de carril, el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) de Señalización Vial establece que para una velocidad de 50 a 90 km/h, el ancho de carril

adecuado esta entre 3 y 3.50 m (Ver Anexo 13). Por lo tanto, el ancho actual de 3.70 m cumple con los estándares establecidos por la normativa. Para el análisis del indicador de seguridad vial, es importante tener en cuenta que los parámetros de barreras de protección y ancho de carril pueden variar según la vía que se esté analizando y la percepción del usuario.

Ilustración 11 Elementos a considerar para una conducción segura



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se resumen los resultados de la evaluación de seguridad vial y con los criterios establecidos se identificó que la vía cumple con tres parámetros de seguridad y no cumple con otros tres. Obteniendo que la vía cuenta con un nivel de seguridad vial medio, por lo que se le otorga un valor de 0.20 a este indicador.

Tabla 8 Resultados de la evaluación de Seguridad vial

Indicador	Parámetro	Definición	Cumple/No Cumple
Seguridad vial	Distancia de visibilidad	Distancia limite a la que un vehículo visualiza a otro objeto.	No
	Velocidad	Velocidad de diseño con la que el conductor transita por la vía conservando su seguridad.	Si
	Radio de curva	Radios de curvas medidos a lo largo de la carretera.	Si
	Señales de tráfico	Presencia y nivel de deterioro de las señaléticas.	No
	Barreras de protección	Presencia de barreras de protección al borde de la vía.	No
	Ancho de carril	Anchos de carril medidos a lo largo de la carretera.	Si

Fuente: Elaboración propia

4.3 Análisis de resultados

Considerando cuidadosamente las variables previamente jerarquizadas de forma analítica, se realizó un exhaustivo análisis para determinar si cada indicador cumple con los criterios establecidos. En la tabla 9 se presentan los resultados de las evaluaciones, donde cada indicador fue calificado de acuerdo con las ponderaciones asignadas.

Tabla 9 Resultados de la evaluación de carreteras

Proceso	Indicador	Definición	Cumple/No Cumple	Ponderación
Uso del suelo	Importancia de la vía	Grado de importancia analizado mediante las áreas de terreno utilizadas para diversos fines que se encuentran a lo largo de la vía.	Si	0.15
	Conectividad vial	Clasificación obtenida por el TPDA y distancias para llegar a los lugares importantes de manera rápida y eficiente.	No	0
Zonas laterales	Índice de peligrosidad	Nivel de peligrosidad presente en la vía.	No	0
Diseño geométrico	Seguridad vial	Evaluación de los siguientes parámetros: distancia de visibilidad, radios de curvas, señaléticas, velocidad, barreras de protección y ancho de carril.	Si, cumple parcialmente	0.20
TOTAL				0.35

Fuente: Elaboración propia

Utilizando la metodología propuesta se alcanza un valor de ponderación final de 0.35, lo que evidencia que los usuarios de la vía E584 Pasaje – El Guabo reciben un inadecuado servicio de vialidad.

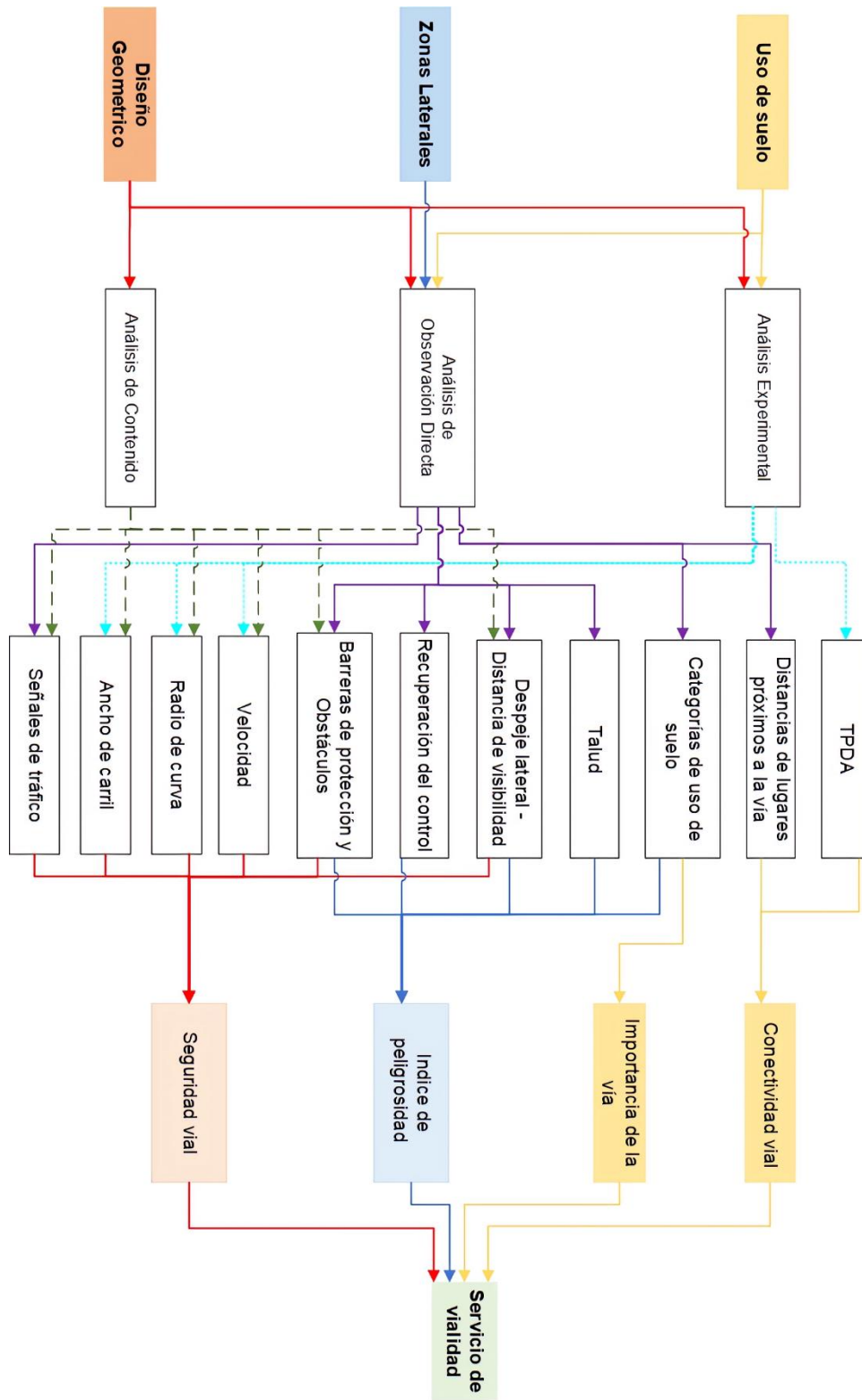
Tabla 10 Resultado del Servicio de vialidad

Ponderación	Descripción
Menor a 0.5	Servicio de vialidad inadecuado

Fuente: Elaboración propia

En la figura 12, se presentan los procesos técnicos que forman parte de la propuesta metodológica. El uso del suelo se centra en el indicador de importancia de la vía, identificando y considerando las categorías de uso de suelo que tienen una mayor influencia en la zona. La relación entre el uso de suelo y diseño geométrico se enfoca en el indicador de conectividad vial, estableciendo la relación entre las distancias de los lugares con mayor flujo peatonal a la carretera y la clasificación de la vía según la normativa MTOP obtenida a partir del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA). Por otro lado, el uso de suelo y las zonas laterales se conectan a través del indicador del índice de peligrosidad, el cual vincula la categoría de uso de suelo que predomina dentro de la faja vial con los obstáculos presentes en los costados de la vía. En cambio, el diseño geométrico y las zonas laterales se vinculan mediante el indicador de seguridad vial, comparando los parámetros de las características geométricas de la carretera como distancia de visibilidad, radios de curvas, velocidad, barreras, ancho de carril y señaléticas, con la perspectiva del usuario, la normativa vigente y las variables de las zonas laterales como el despeje lateral y la presencia de barreras de protección. Por lo tanto, con los cuatro indicadores se obtiene como resultado el servicio de vialidad que reciben los usuarios de una determinada vía, esta evaluación es importante porque permite determinar las deficiencias que presenta una carretera y con ello establecer propuestas para mejorarlas.

Ilustración 12 Propuesta de Metodología



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

La investigación realizada ha sido respaldada por varios artículos que han abordado criterios claves como el uso de suelo, las zonas laterales y el diseño geométrico. Estos aspectos han sido fundamentales en el desarrollo de la metodología para el diseño geométrico sostenible de ejes viales en vías intercantonales. Además, se identificaron los aspectos que afectan el servicio de vialidad mediante el análisis de diversos indicadores, como la importancia de la vía, la conectividad vial, el índice de peligrosidad y seguridad vial. Este último indicador abarcó varios elementos relacionados con el diseño geométrico, como la distancia de visibilidad, la velocidad, los radios de curva, las señales de tráfico, las barreras de protección y el ancho de carril. Al evaluar estos parámetros, se podrá determinar si la vía requiere mejoras en términos de diseño para reducir su nivel de peligro y obtener un tráfico eficiente.

Con la metodología de diseño geométrico de carreteras propuesta se evaluó la vía E584 Pasaje - El Guabo y se obtuvo como resultado una ponderación de 0.35, lo cual indica que los usuarios reciben un inadecuado servicio de vialidad. Se identificaron problemas en cuanto a la conectividad vial, ya que los puntos con mayor flujo peatonal se encuentran a distancias considerables, dificultando su accesibilidad. En el análisis de las zonas laterales se constató que un vehículo no sería capaz de recuperar el control en caso de pérdida de estabilidad. Por último, se determinó que la vía es parcialmente segura debido a la insuficiente distancia de visibilidad, la ausencia de barreras de protección y la falta de señalización adecuada. Estas deficiencias se aprecian claramente a través de los indicadores utilizados en la evaluación, por lo tanto, la validez de la metodología se respalda al demostrar su capacidad para detectar y abordar las deficiencias existentes en el diseño de las carreteras.

Considerando las características del entorno, el uso de suelo y las expectativas de los usuarios, se pueden tomar decisiones adecuadas que minimicen los impactos ambientales, maximicen la eficiencia y desarrollen propuestas que contribuyan al mejoramiento del servicio de vialidad y a la seguridad de los conductores. Esta metodología procura un equilibrio entre el desarrollo económico y social, así como la mejora de la experiencia de los usuarios, lo que a su vez contribuye a que el diseño geométrico sostenible de ejes viales sea apropiado para las comunidades y el entorno en general.

Referencias Bibliográficas

- Akhmet, A., Hare, W., & Lucet, Y. (2022). Bi-objective optimization for road vertical alignment design. *Computers & Operations Research*, *143*, 105764. <https://doi.org/10.1016/J.COR.2022.105764>
- Ali, Y., Haque, M. M., Zheng, Z., Washington, S., & Yildirimoglu, M. (2019). A hazard-based duration model to quantify the impact of connected driving environment on safety during mandatory lane-changing. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *106*, 113–131. <https://doi.org/10.1016/J.TRC.2019.07.015>
- Ali, Y., Sharma, A., Haque, M. M., Zheng, Z., & Saifuzzaman, M. (2020). The impact of the connected environment on driving behavior and safety: A driving simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, *144*, 105643. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2020.105643>
- Álvarez Perdomo, P. E., Tamayo Saborit, M., & Govea Vilcacundo, J. L. (2022). Técnicas multivariadas: una contribución al análisis económico financiero en PYMES bananeras ecuatorianas. *Universidad y Sociedad*, *14*(4), 475–485. <https://rus.ucf.edu/cu/index.php/rus/article/view/3069>
- Apronti, D., Ksaibati, K., Gerow, K., & Hepner, J. J. (2016). Estimating traffic volume on Wyoming low volume roads using linear and logistic regression methods. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, *3*(6), 493–506. <https://doi.org/10.1016/J.JTTE.2016.02.004>
- Arcos García, Á., Álvarez García, J. A., & Soria Morillo, L. M. (2018). Evaluation of deep neural networks for traffic sign detection systems. *Neurocomputing*, *316*, 332–344. <https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2018.08.009>
- Attahiru, Y. B., Aziz, M. M. A., Kassim, K. A., Shahid, S., Wan Abu Bakar, W. A., NSashruddin, T. F., Rahman, F. A., & Ahamed, M. I. (2019). A review on green economy and development of green roads and highways using carbon neutral materials.

In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 101, pp. 600–613). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.036>

Babić, D., & Brijs, T. (2021). Low cost road marking measures for increasing safety in horizontal curves: A driving simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, 153, 106013. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2021.106013>

Bassani, M., Catani, L., Salussolia, A., & Yang, C. Y. D. (2019). A driving simulation study to examine the impact of available sight distance on driver behavior along rural highways. *Accident Analysis & Prevention*, 131, 200–212. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2019.07.003>

Bobermin, M. P., Silva, M. M., & Ferreira, S. (2021). Driving simulators to evaluate road geometric design effects on driver behaviour: A systematic review. *Accident Analysis and Prevention*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105923>

Chaudhari, P. M., Goyani, J., Arkatkar, S., Joshi, G., & Easa, S. M. (2022). Design Consistency Evaluation of Two-Lane Rural Highways in Hilly Terrains. *Transportation Research Procedia*, 62, 75–82. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2022.02.010>

Chourasia, R., Kumar Agrawal, H., & Nagar, B. (2020). Case Study on the Effect of Geometric Design Consistency on Level of Safety for Rural Roads under Indian Conditions. *International Research Journal of Engineering and Technology*. www.irjet.net

Plan Vial Integral Provincia de El Oro, (2019). <http://www.congope.gob.ec/?publicacion=plan-vial-integral-provincia-de-el-oro>

Das, S., & Tsapakis, I. (2020). Interpretable machine learning approach in estimating traffic volume on low-volume roadways. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 9(1), 76–88. <https://doi.org/10.1016/J.IJTST.2019.09.004>

Dhankutea, A., & Parida, M. (2019). Risk Analysis of Rural Four Lane Divided Highway Based on Risk Index Determination By Road Safety Audit. *Journal of the Eastern Asia*

Society for Transportation Studies, 13, 1927–1947.
<https://doi.org/10.11175/EASTS.13.1927>

Farahmand, B., & Boroujerdian, A. M. (2018). Effect of road geometry on driver fatigue in monotonous environments: A simulator study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 640–651. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.021>

Farooq, D., Moslem, S., & Duleba, S. (2019). Evaluation of Driver Behavior Criteria for Evolution of Sustainable Traffic Safety. *Sustainability 2019, Vol. 11, Page 3142*, 11(11), 3142. <https://doi.org/10.3390/SU11113142>

Fric, S., Trpčevski, F., Gavran, D., Ilić, V., Vranjevac, S., & Lukić, M. (2022). Road safety inspection – Incompatibility between the function of the road and the typical cross section – Belgrade’s Northern Arterian Tangent. *2nd Macedonian Road Congress*. <https://grafar.grf.bg.ac.rs/handle/123456789/2784>

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>

Guadalupe, T., Armijos, V., Cevallos, H. V., Romero, H. C., Javier, V., & Montealegre, G. (2021). Dependencia económica y social de la producción de banano orgánico en el sitio La Palestina, cantón El Guabo, período 2017-2020. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), 129–136. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/420>

Guidoni, D. L., Maia, G., Souza, F. S. H., Villas, L. A., & Loureiro, A. A. F. (2020). Vehicular Traffic Management Based on Traffic Engineering for Vehicular Ad Hoc Networks. *IEEE Access*, 8, 45167–45183. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2978700>

- Ibrahim, A. H., & Shaker, M. A. (2019). Sustainability index for highway construction projects. *Alexandria Engineering Journal*, 58(4), 1399–1411. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.11.011>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Señalización Vial, Pub. L. No. 004–1 (2011). <https://www.obraspublicas.gob.ec>
- 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). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/357/1/012040>
- Jamroz, K., Budzyński, M., Romanowska, A., Zukowska, J., Oskarbski, J., & Kustra, W. (2019). Experiences and Challenges in Fatality Reduction on Polish Roads. *Sustainability* 2019, Vol. 11, Page 959, 11(4), 959. <https://doi.org/10.3390/SU11040959>
- Jeong, H., & Liu, Y. (2019). Effects of non-driving-related-task modality and road geometry on eye movements, lane-keeping performance, and workload while driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 60, 157–171. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.10.015>
- Llopis Castelló, D., Pérez Zuriaga, A. M., Camacho Torregrosa, F. J., & García, A. (2018). Impact of horizontal geometric design of two-lane rural roads on vehicle co2 emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 46–57. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.020>
- López Serrano, S. C., Chung Alonso, P., Ramírez Rivera, M. del P., López Serrano, S. C., Chung Alonso, P., & Ramírez Rivera, M. del P. (2021). Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como método multicriterio para la localización óptima de estaciones intermodales. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(66), 315–358. <https://doi.org/10.22136/EST20211583>

- Navarro Hudiel, S. J., & Acuña Mendoza, J. L. (2021). Determinación de tasas de crecimiento de tráfico promedio diario anual en Nicaragua a partir de datos macroeconómicos. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 11(2), 70–83. <https://doi.org/10.5377/ELHIGO.V11I2.13033>
- Neki, K., Lumumba, M., Mitra, S., & Job, S. (2021). Economic impact of 30km/h - Benefits and Costs of Speeds in an urban environment. *Journal of Road Safety*, 32(3), 49–51. <https://doi.org/10.33492/jrs-d-21-00028>
- Olivo Cando, I. (2018). *Mortalidad por accidentes de tránsito y su impacto en la población ecuatoriana en edad de trabajar, 2017*. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2828>
- Oyola Estrada, E. J., Berrú Cabrera, J. C., Romero Valdiviezo, E. A., Carrión Romero, L. O., Aguirre Morales, F. A., & Tacuri Rivas, M. A. (2017). Evaluación de la congestión vehicular: Av. Castro Benítez y Vía Pajonal, Machala-Ecuador, año 2016. *Cumbres*, 3(1), 135–142. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6550728>
- 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>
- Pérez Moreno Álvarez, J. (2018). *Estudio comparativo de sostenibilidad en carreteras mexicanas utilizando el modelo MIVES*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/118139>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103071>

- Rivera, J. I., & Echaveguren, T. (2014). Un índice de peligrosidad para zonas laterales de carreteras de dos carriles. *DYNA*, 81(184), 55–61. <https://doi.org/10.15446/DYNA.V81N184.38929>
- Sfyridis, A., & Agnolucci, P. (2020). Annual average daily traffic estimation in England and Wales: An application of clustering and regression modelling. *Journal of Transport Geography*, 83, 102658. <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2020.102658>
- 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 (Switzerland)*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/app9112320>
- Silva, R. G. da C., Silva, V. V. da, Mello-Théry, N. A. de, & Lima, L. A. P. (2021). NEW FRONTIER OF EXPANSION AND PROTECTED AREAS IN THE STATE OF AMAZONAS. *Mercator (Fortaleza)*, 20. <http://www.scielo.br/j/mercator/a/WmJQXFBr4PcCYxMTYxmVDpw/abstract/?lang=en>
- Singh, H., & Kathuria, A. (2021). Analyzing driver behavior under naturalistic driving conditions: A review. *Accident Analysis & Prevention*, 150, 105908. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2020.105908>
- Tapia Guerrero, L. A. (2018). Infraestructura carretera y economía regional. El caso de los productores de ajo de Oaxaca y Puebla. *Región y Sociedad*, 30(73). <https://doi.org/10.22198/rys.2018.73.a944>
- Uchegara, I., Moore, D., Jafarifar, N., & Omotayo, T. (2022). Sustainability rating system for highway design:—A key focus for developing sustainable cities and societies in Nigeria. *Sustainable Cities and Society*, 78, 103620. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2021.103620>

- 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. In *Transportation Research Part B: Methodological* (Vol. 111, pp. 370–394). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.03.011>
- Wen, X., Xie, Y., Wu, L., & Jiang, L. (2021). Quantifying and comparing the effects of key risk factors on various types of roadway segment crashes with LightGBM and SHAP. *Accident Analysis and Prevention*, *159*. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106261>
- Wu, K. F. (Ken), & Lin, T. (2022). Investigating the effects of travel lane configuration and lane width on traffic safety where powered-two-wheelers (PTWs) share with larger vehicles: A micro perspective. *Accident Analysis & Prevention*, *172*, 106682. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2022.106682>
- Xie, L., Wu, C., Lyu, N., & Duan, Z. (2019). Studying the effects of freeway alignment, traffic flow, and sign information on subjective driving workload and performance. *Advances in Mechanical Engineering*, *11*(5). <https://doi.org/10.1177/1687814019853925>
- Ye, X., Wang, X., Liu, S., & Tarko, A. P. (2021). Feasibility study of highway alignment design controls for autonomous vehicles. *Accident Analysis & Prevention*, *159*, 106252. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2021.106252>
- Zepeda Ortega, I. E., Ángeles Castro, G., & Carrillo Murillo, D. G. (2019). Infraestructura carretera y crecimiento económico en México. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, *50*(198), 145–168. <https://doi.org/10.22201/IIEC.20078951E.2019.198.66383>

Anexos

Anexo 1: Modelo de encuesta

ENCUESTA			
TRAMO DE LA VIA E584 PASAJE – EL GUABO			
APLICADORES DE ENCUESTA Joselyn Estefanía González Silva Bryan Giovanni León Bonilla		NOMBRE DE ENCUESTADO	
DATOS DEMOGRÁFICOS			
1 ¿Cuántos años tiene?			
2 Género del conductor			
Masculino		Femenino	
3 ¿Cuántos años lleva conduciendo?			
TRAZADO GEOMETRICO			
4 ¿Cómo calificaría la distancia de visibilidad en la curva?			
Buena		Poca	Nula
5 Según su criterio, ¿considera usted que la curva es peligrosa?			
No es peligrosa		Poco peligrosa	Muy peligrosa
6 ¿Cuál es la velocidad con la que usted toma la curva?			
Menor a 50 km/h		50 – 60 km/h	Mayor a 60 km/h
7. ¿Considera usted que las señales de tránsito existentes en las curvas son suficientes para garantizar una conducción segura?			
Si		No	Tal vez
8 Si hubiera una señalización adecuada, ¿considera usted que se garantizaría una conducción segura?			
Si		No	Tal vez
9. De acuerdo al listado que se presenta a continuación, ¿Qué considera que le hace falta a la carretera para que pueda garantizar una conducción segura?			
Aumentar el número de luminarias		Ampliar el ancho del arcén	Mejorar el peralte en curvas
Aumentar las señaléticas horizontales		Ampliar el ancho de carril	Implementar dispositivos de control de velocidad
Aumentar las señaléticas verticales		Aumentar el número de carriles	Implementar barreras y protecciones laterales

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Proceso de jerarquía analítica (AHP)

Servicio de vialidad		Uso de suelo		Zonas laterales	Diseño Geométrico
		Importancia de la vía	Conectividad vial	Índice de peligrosidad	Seguridad vial
Uso de suelo	Importancia de la vía	1	0,58	0,58	0,5
	Conectividad vial	1,71	1	1,25	0,5
Zonas laterales	Índice de peligrosidad	1,71	0,8	1	0,5
Diseño Geométrico	Seguridad vial	2	2	2	1

Fuente: Elaboración propia

Uso de suelo	Importancia de la vía	0,15	0,40
	Conectividad	0,25	
Zonas laterales	Índice de peligrosidad	0,20	0,20
Diseño Geométrico	Seguridad vial	0,40	0,40

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Ficha de Observación de Uso de suelo

FICHA DE OBSERVACIÓN				
TRAMO DE LA VIA E584 PASAJE – EL GUABO				
FECHA: 16 de Abril del 2023				
OBSERVADORES: Joselyn Estefanía González Silva Bryan Giovanni León Bonilla				
USO DE SUELO				
ITEM	Categorías	Existe	No existe	Cantidad/Área
1	Agrícola Superficie utilizada con fines agrícolas.	X		446939.486 m ² de plantaciones de banano y cacao en una franja de 30 m de cada lado de la vía.
2	Institucional Escuelas públicas	X		Escuela Republica de Francia en Chontillal Escuela Temístocles Romero Lucín en Caña quemada
3	Servicio comercial Taller mecánico, vulcanizadora.	X		3 mecánicas y 1 vulcanizadora
4	Gobierno GAD parroquiales.	X		1 en Caña quemada
5	Industria ligera Empacadoras de banano, haciendas, fincas, peladoras de pollos, canteras, distribuidor de paneles solares.	X		1 peladora de Pollo 2 canteras de material pétreo 1 distribuidor de paneles solares 30 empacadoras 14 haciendas y fincas
6	Mobiliaria urbana Canchas múltiples, parques, casas comunales, centros de salud, biblioteca, tenencia política, gimnasio.	X		3 canchas múltiples 1 casa comunal 1 centro de salud 1 parque 1 biblioteca 1 espacio de tenencia política

				1 gimnasio
7	Recreativo/social Moteles, iglesia, centro de hipoterapia.	X		3 Iglesias 2 moteles 1 Centro de hipo terapia
8	Venta minorista Tiendas minoristas.	X		17 tiendas y restaurantes
9	Residencial Unifamiliar Viviendas unifamiliares.	X		191 viviendas en una franja de 30 m de cada lado de la vía.
10	Transportación Paraderos o estaciones de buses.	X		4 paradas de bus
11	Depósito Centro de acopio de cacao, banano, recicladora, garaje de cabezales, depósito de puntales de banano.	X		1 Centro de acopio de cacao 2 centros de acopio de banano 1 recicladora 1 garaje de cabezales 1 depósito de puntales de banano

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Distancias de los lugares relevantes

Descripción	Distancia (m)	Rangos y promedios (m)
Auto Hotel Bambú	16,34	14
Auto Hotel Diamantes	11,74	
Biblioteca Cañaquemada	120,04	120
Cancha Cañaquemada	95,63	95 - 180
Cancha de Chontillal	108,48	
Cancha de Vergel	180,41	
Cancha de la Barriada 24 de agosto	31,12	31
Cancha San Gerónimo	31,02	
Cantera	564,22	150 - 550
Cantera Tuco León	149,32	
Casa comunal chontillal	98,71	90
Centro de acopio de banano	59,06	40-60
Centro de acopio de Cacao Lucoa Cía. Ltda.	42,00	
Centro de Acopio de banano Cañaquemada	8,84	8,84
Centro de Hipo terapia El Padrino	17,27	17,27
Centro de salud Tipo A Cañaquemada	110,95	110,95
Depósito de puntales de banano	20,97	20,97
El mirador del Vergel	828,88	828,88
Empacadora Aurcrisa	873,42	873,42
Empacadora Barros	273,77	273,77
Empacadora Ana Rico 1	11,90	de 5 a 20
Empacadora Ana Rico 2	22,25	
Empacadora Carmelita	7,09	
Empacadora Chontillal	20,55	
Empacadora 1	9,18	
Empacadora 11	7,49	
Empacadora 12	15,57	
Empacadora 14	5,00	
Empacadora 15	19,97	
Empacadora 16	19,29	
Empacadora 2	17,31	
Empacadora 4	17,27	
Empacadora 5	16,45	
Empacadora 8	8,46	
Empacadora 9	7,54	
Empacadora El Gallo	17,08	
Empacadora Dos Cerritos	6,70	
Empacadora Malval	4,55	
Empacadora San Esteban	6,67	
Empacadora San Gerónimo 1	10,37	
Empacadora Sanadú	8,67	

Empacadora el Vergel	33,72	
Empacadora Espinoza	22,84	
Empacadora 3	21,74	
Empacadora 17	51,43	20 - 50
Empacadora 13	24,99	
Empacadora 10	44,88	
Empacadora 6	49,46	
Empacadora 7	20,76	
Escuela Republica de Francia (Chontillal)	141,54	141,54
Escuela Temístocles Romero Lucin, Cañaquemada	65,00	65,00
Gad Parroquial Cañaquemada	100,89	100,89
Garaje de cabezales	15,48	15,48
Gimnasio	10,62	10,62
Hacienda Barros	102,41	
Hacienda Chontillal	167,01	
Hacienda Huaylala	544,45	
Hacienda La Vallejo	779,34	
Hacienda Rosa Clotilde	697,40	100 - 800
Hacienda San Esteban	205,99	
Hacienda Santa Rita	726,98	
Hacienda Saraí	241,03	
Hacienda Lorenzo Muñoz	47,58	
Hacienda Olga Cecilia	11,21	
Hacienda Celia María CA	19,65	20 - 50
Hacienda San Gerónimo 2	34,47	
Hacienda San Gerónimo 3	20,12	
Iglesia Cañaquemada	119,19	
Iglesia chontillal	51,32	20 - 100
Iglesia Vergel	21,30	
Parada de Bus	6,46	
Parada de Bus	7,64	de 1 a 6
Parada de Bus, Cañaquemada	1,10	
Parque Cañaquemada	134,39	134,39
Pollería Danielito	20,03	20,03
Recicladora el Gerente	26,55	26,55
Solar Energy	13,06	13,06
Taller mecánico 1	11,38	
Taller mecánico 2	10,37	de 11 a 17
Taller mecánico 3	16,46	
Tenencia Política Cañaquemada	127,43	127,43
Venta minorista 3	9,83	
Venta minorista 4	4,72	de 4 a 10
Venta minorista Coco Loco Ostin	6,54	

Venta minorista 6	4,37	de 10 a 20
Venta minorista 2	10,76	
Venta minorista restaurante 1	10,41	
Venta minorista restaurante 2	11,31	
Venta minorista restaurante 3	11,77	
Venta minorista Cabaña de Nico	15,29	
Venta minorista chontillal 1	13,73	
Venta minorista chontillal 2	13,19	
Venta minorista chontillal 3	13,52	
Venta minorista Jardín de Edén y sus empanadas	17,81	
Venta minorista Rico cuy	16,55	20 - 80
Venta minorista Comedor El Africano	29,04	
Venta minorista El rincón de Elsita	24,18	
Venta minorista Minimarket Nicolas	84,03	
Vulcanizadora	10,31	10

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: TPDA Pasaje – El Guabo

CLASIFIC. FDOT		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total	TDPS	FM	Factor de ajuste diario	TPDA actual
TIPOS		Livianos			Camiones Livianos				Camiones Pesados										
MTOP		Motos	Autos	Camionetas	2DB	2DA	3A	4C	2S1	3S2	3S3	2R3	3R2	3R3					
Fecha de conteo	Día																		
25/4/2023	MARTES	2467	4303	1380	0	321	137	3	16	10	12	0	0	4	8653	6200	1,093	0,717	4843
26/4/2023	MIERCOLES	2612	4210	1346	0	334	141	2	16	12	13	0	0	1	8687			0,714	
27/4/2023	JUEVES	2516	4336	1357	0	318	117	5	20	10	15	0	0	5	8699			0,713	
TOTAL		7595	12849	4083	0	973	395	10	52	32	40	0	0	10	26039			0,715	
TPDS		1808	3059	972	0	232	94	2	12	8	10	0	0	2	6199				
%TPDS		29%	49%	16%	0%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%				
TPDA Actual		1412	2389	759	0	181	73	2	9	6	8	0	0	2	4841				
%TPDA Actual		29%	49%	16%	0%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%				
TPDA Asignado		1836	3106	987	0	235	95	3	12	8	10	0	0	3	6293				
%TPDA Asignado		29%	49%	16%	0%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%				

Año	n	TIPOS DE VEHICULOS										Total
		%	Motos	%	Livianos	%	Buses	%	C. Livianos	%	C. Pesados	
2023	0		1836		4092		0		333		33	6293
2024	1	3,75%	1904	3,75%	4246	1,90%	0	2,24%	340	2,24%	33	6523
2025	2	3,75%	1976	3,75%	4405	1,90%	0	2,24%	348	2,24%	34	6763
2026	3	3,75%	2050	3,75%	4570	1,90%	0	2,24%	356	2,24%	35	7011
2027	4	3,75%	2127	3,75%	4742	1,90%	0	2,24%	364	2,24%	36	7269
2028	5	3,75%	2207	3,75%	4919	1,90%	0	2,24%	372	2,24%	36	7534
2029	6	3,75%	2289	3,75%	5104	1,90%	0	2,24%	380	2,24%	37	7810
2030	7	3,75%	2375	3,75%	5295	1,90%	0	2,24%	389	2,24%	38	8097
2031	8	3,75%	2464	3,75%	5494	1,90%	0	2,24%	397	2,24%	39	8394
2032	9	3,75%	2557	3,75%	5700	1,90%	0	2,24%	406	2,24%	40	8703
2033	10	3,75%	2653	3,75%	5914	1,90%	0	2,24%	415	2,24%	41	9023
2034	11	3,75%	2752	3,75%	6135	1,90%	0	2,24%	425	2,24%	41	9353
2035	12	3,75%	2855	3,75%	6366	1,90%	0	2,24%	434	2,24%	42	9697
2036	13	3,75%	2962	3,75%	6604	1,90%	0	2,24%	444	2,24%	43	10053
2037	14	3,75%	3073	3,75%	6852	1,90%	0	2,24%	454	2,24%	44	10423
2038	15	3,75%	3189	3,75%	7109	1,90%	0	2,24%	464	2,24%	45	10807
2039	16	3,75%	3308	3,75%	7375	1,90%	0	2,24%	474	2,24%	46	11203
2040	17	3,75%	3432	3,75%	7652	1,90%	0	2,24%	485	2,24%	47	11616
2041	18	3,75%	3561	3,75%	7939	1,90%	0	2,24%	496	2,24%	48	12044
2042	19	3,75%	3694	3,75%	8237	1,90%	0	2,24%	507	2,24%	50	12488
2043	20	3,75%	3833	3,75%	8546	1,90%	0	2,24%	518	2,24%	51	12948

Clasificación de Vía

Descripción	Clasificación funcional	TPDF Esperado
Autopista	AP1 o AP2	> 50000
Autovía o Carretera multicarril	AV2	26000 - 50000
	AV1	8000 - 26000
Carreteras de 2 carriles	C1	1000 - 8000
	C2	500 - 1000
	C3	< 500

TRAFICO FUTURO = 12948

CLASIFICACION MTOP:

Autovía AV1

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: TPDA El Guabo – Pasaje

CLASIFIC. FDOT		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total	TDPS	FM	Factor de ajuste diario	TPDA actual
TIPOS		Livianos			Camiones Livianos				Camiones Pesados										
MTOP		Motos	Autos	Camionetas	2DB	2DA	3A	4C	2S1	3S2	3S3	2R3	3R2	3R3					
Fecha de conteo	Día																		
25/4/2023	MARTES	1742	2870	1031	1	278	128	2	11	28	19	0	0	2	6112	4471	1,093	0,732	3494
26/4/2023	MIERCOLES	1701	3022	997	0	319	125	2	13	27	14	0	0	1	6221			0,719	
27/4/2023	JUEVES	1781	3113	1026	1	303	152	4	21	28	17	0	0	1	6447			0,694	
TOTAL		5224	9005	3054	2	900	405	8	45	83	50	0	0	4	18780			0,715	
TPDS		1244	2144	727	0	214	96	2	11	20	12	0	0	1	4471				
%TPDS		28%	48%	16%	0%	5%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%				
TPDA Actual		972	1676	568	0	167	75	2	9	16	9	0	0	1	3495				
%TPDA Actual		28%	48%	16%	0%	5%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%				
TPDA Asignado		1264	2179	738	0	217	98	3	12	21	12	0	0	1	4544				
%TPDA Asignado		28%	48%	16%	0%	5%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%				

Año	n	TIPOS DE VEHICULOS										Total
		%	Motos	%	Livianos	%	Buses	%	C. Livianos	%	C. Pesados	
2023	0		1264		2917		0		317		46	4544
2024	1	3,75%	1311	3,75%	3027	1,90%	0	2,24%	324	2,24%	47	4709
2025	2	3,75%	1360	3,75%	3140	1,90%	0	2,24%	332	2,24%	48	4880
2026	3	3,75%	1411	3,75%	3258	1,90%	0	2,24%	339	2,24%	49	5057
2027	4	3,75%	1464	3,75%	3380	1,90%	0	2,24%	347	2,24%	50	5241
2028	5	3,75%	1519	3,75%	3507	1,90%	0	2,24%	354	2,24%	51	5431
2029	6	3,75%	1576	3,75%	3638	1,90%	0	2,24%	362	2,24%	52	5628
2030	7	3,75%	1635	3,75%	3775	1,90%	0	2,24%	370	2,24%	53	5833
2031	8	3,75%	1696	3,75%	3916	1,90%	0	2,24%	379	2,24%	54	6045
2032	9	3,75%	1760	3,75%	4063	1,90%	0	2,24%	387	2,24%	56	6266
2033	10	3,75%	1826	3,75%	4215	1,90%	0	2,24%	396	2,24%	57	6494
2034	11	3,75%	1894	3,75%	4374	1,90%	0	2,24%	405	2,24%	58	6731
2035	12	3,75%	1965	3,75%	4538	1,90%	0	2,24%	414	2,24%	59	6976
2036	13	3,75%	2039	3,75%	4708	1,90%	0	2,24%	423	2,24%	61	7231
2037	14	3,75%	2116	3,75%	4884	1,90%	0	2,24%	433	2,24%	62	7495
2038	15	3,75%	2195	3,75%	5067	1,90%	0	2,24%	442	2,24%	63	7767
2039	16	3,75%	2277	3,75%	5257	1,90%	0	2,24%	452	2,24%	65	8051
2040	17	3,75%	2363	3,75%	5455	1,90%	0	2,24%	462	2,24%	66	8346
2041	18	3,75%	2451	3,75%	5659	1,90%	0	2,24%	473	2,24%	68	8651
2042	19	3,75%	2543	3,75%	5871	1,90%	0	2,24%	483	2,24%	69	8966
2043	20	3,75%	2639	3,75%	6092	1,90%	0	2,24%	494	2,24%	71	9296

Clasificación de Vía

Descripción	Clasificación funcional	TPDF Esperado
Autopista	AP1 o AP2	> 50000
Autovía o Carretera multicarril	AV2	26000 - 50000
	AV1	8000 - 26000
Carreteras de 2 carriles	C1	1000 - 8000
	C2	500 - 1000
	C3	< 500

TRAFICO FUTURO = **9296**

CLASIFICACION MTOP:

Autovía AV1

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Ficha de Observación de las zonas laterales

TRAMOS	OBSTACULOS		DESPEJE LATERAL	
	Lado izquierdo de la vía	Lado derecho de la vía	Lado izquierdo de la vía	Lado derecho de la vía
Recta 1	Postes (18) a 2m Zanja (1) a 1.20 m Árbol (2) a 1.5 m	Árbol (3) a 5.30 m Postes (10) a 2 m Cerramiento (7) a 3m Zanja (1) a 1.80 m	2m 1.20 m 1.5 m 0 m	5.30 m 2 m 1.80 m 3 m 0 m
Curva 1	Postes (2) a 2.20m Plantaciones de banano (1995.154 m2) a 1.5m Zanja (1) a 2.5m	Postes (4) a 2.20 m Zanja (1) a 3 m	0 m	0 m
Recta 2	Postes (5) a 2.20m Zanja (1) a 3 m	Postes (9) a 1.30 m	0 m	1.30 m
Curva 2	Postes (3) a 2.5m Plantaciones de banano (4271.098) a 3m Zanja (1) a 3m	Postes (4) a 1.30 m	0 m	0 m
Recta 3	Zanja (1) a 1.3m Postes (3) a 3.30m	Zanja (1) a 1 m Arboles (1) a 3 m Postes (1) a 2 m Casas (3) a 5 m	1.3m 3.30m	1 m 3 m 2 m 5 m
Curva 3	Postes (3) a 3.30m Casas (8) a 3 m	Plantaciones de banano (2225.404) a 4 m Zanja (1) a 4m	3.30m 3 m	0 m
Recta 4	Plantaciones de banano (10130.35) a 1.5m Postes (6) a 2.5 m Zanja (1) a 3 m	Linderos (1) a 1.50 m Plantaciones de banano (11209.511) a 1.50m Zanja (1) a 4 m	1.5m	0 m

Curva 4	Lindero (1) a 1.5m Arboles (2) a 2m	Linderos (1) a 1.50 m Plantaciones de banano (2769.627) a 2m Zanja (1) a 4 m	0 m	1.50 m
Recta 5	Postes (7) a 2m Lindero (1) a 1.5m	Linderos (1) a 1.50 m Zanja (1) a 4 m	1.5m	1.50 m
Curva 5	Postes (3) a 1.5m	Arboles (10) a 1.50 m Postes (6) a 1.5 m Casas (7) a 3 m	1.5m	1.50 m 3 m
Recta 6	Muro (1) a 1.5m Casas (3) a 3 m	Rocas (6) a 1 m Postes (1) a 1.5 m	1.5m 3 m	1m 1.5 m
Curva 6	Muro (2) a 2 m	Arboles (4) a 1.50 m Casas (4) a 3 m	0 m	0 m
Recta 7	Plantaciones de banano (5130.697) a 1.5m	Plantaciones de banano (5891.934) a 1.50 m	1.50 m	1.50 m
Curva 7	Plantaciones de banano (1822.44) a 1.5m Postes (2) a 2.5 m Árbol (2) a 2.5 m	Plantaciones de banano (1252.078) a 1.50 m	1.50 m	1.50 m
Recta 8	Plantaciones de banano (4595.988) a 1.5m Zanja (1) a 3 m	Zanja (1) a 2.50 m	1.50 m	2.50 m
Curva 8	Plantaciones de banano (3318.046) a 1.5m Zanja (1) a 3 m	Casa (3) a 10 m Poste (3) a 1.50 m	1.50 m	10 m 1.50 m
Recta 9	Plantaciones de banano (14023.685) a 1.5m Zanja (1) a 3 m	Plantaciones de banano (16789.854) a 1.50 m y 3m Linderos (1) a 1.50 m	1.5m	1.50 m

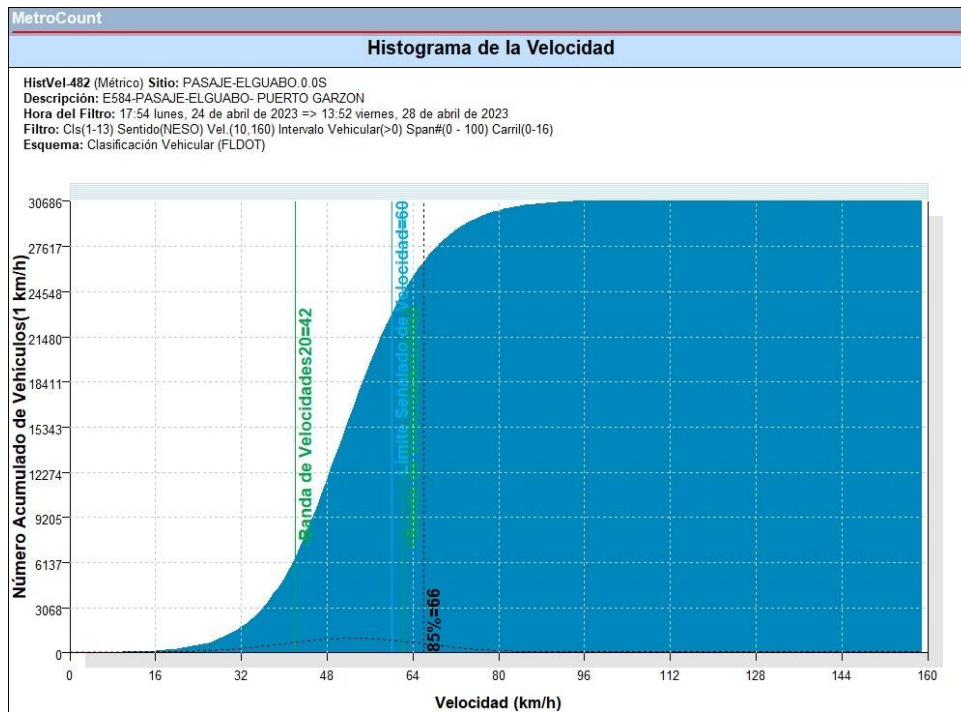
Curva 9	Cúmulo de rocas (25) a 2m Lindero (1) a 1.50m Plantaciones de banano (3013.998) a 3m	Lindero (1) a 1.50m Plantaciones de banano (5167.266) a 3m Poste (1) a 2 m	2m 1.50m	1.50m
Recta 10	Lindero (1) a 1.50m Plantaciones de banano (4018.673) a 3m	Lindero (1) a 1.50 m Plantaciones de banano (4099.365) a 3m	1.50m	1.50m
Curva 10	Lindero (1) a 1.50 m Poste (1) a 1.50 m	Lindero (1) a 1.50 m Poste (2) a 1 m	0 m	0 m
Recta 11	Lindero (1) a 1.50 m Poste (3) a 1.50 m	Lindero (1) a 1.50 m	1.50 m	1.50 m
Curva 11	Lindero (1) a 1.50m Plantaciones de banano (3710.185) a 3m Poste (2) a 1.50 m	Lindero (1) a 1.50 m Plantaciones de banano (3427.325) a 3m	0m	0 m
Recta 12	Lindero (1) a 1.50m Plantaciones de banano (14567.68) a 3m Poste (7) a 1.50 m	Lindero (1) a 1.50 m Plantaciones de banano (14321.452) a 3m	1.50m	1.50m
Curva 12	Poste (2) a 1.5 m Lindero (1) a 1.50m	Árbol (3) a 1.50 m Lindero (1) a 1.50 m	0m	0m
Recta 13	Plantaciones de banano (7245.714) a 1.5m Poste (5) a 2 m	Plantaciones de banano (5914.339) a 1.5m Poste (1) a 1 m Árbol (1) a 2 m Zanja (1) a 4 m	1.50 m	1 m 1.50 m
Curva 13	Cerramiento (1) a 3m Plantaciones de banano (4109.296) a 1.5m Arboles (1) a 1.5 m Zanja (1) a 2.5 m Poste (1) a 2 m	Plantaciones de banano (3214.302) a 1.5m Poste (2) a 2m	1.5m	0 m

Recta 14	Plantaciones de banano y cacao (18605.471) a 1.5m Zanja (1) a 2.50 m	Plantaciones de banano (10155.516) a 1.5m Casas (2) a 2 m Muro (1) a 3 m Poste (5) a 2 m	1.50 m	1.50 m 2 m 3 m 2 m
Curva 14	Casas (3) a 1.5 m Poste (1) a 2 m	Plantaciones de banano (3715.381) a 1.5m	1.50 m 2 m	1.50 m
Recta 15	Zanja (1) a 2.50 m Muro (1) a 3 m	Casas (8) a 3 m Poste (5) a 2 m	2.50 m 3 m	3 m 2 m
Curva 15	Muro (1) a 3 m Árbol (2) a 2 m	Casas (6) a 3 m Poste (2) a 2 m	3 m 2 m	3 m 2 m
Recta 16	Cerramiento (1) a 3m	Postes (8) a 2 m Lindero (1) a 2 m Zanja (1) a 3 m Plantaciones de banano (18834.336) a 3 m	0m	0m
Curva 16	Plantaciones de banano (4775.873) a 1.5m Zanja (1) a 3 m	Plantaciones de banano (4388.45) a 1.5m	0m	0m
Recta 17	Postes (6) a 2.5 m Casas (15) a 3 m Zanja (1) a 1m Plantaciones de banano y cacao (32572.98) a 1.5m y 2m Zanja (1) a 5m Arbol (11) a 1.5 m Roca (1) a 2.5 m	Postes (8) a 2.50 m Casas (10) a 3 m Zanja (1) a 2m Plantaciones de banano y cacao (26741.006) a 1.5m y 2m Cerramiento (7) 2m	2.5 m 3 m 1m 1.5m 5m 2m 0m	2.50 m 3 m 2m 1.50 m 2m 2m

Curva 17	Zanja (1) a 2m Plantaciones de banano (4769.148) a 1.5m	Postes (2) a 5 m	2m 1.5m	0m
Recta 18	Plantaciones de banano (3916.986) a 1.5m Postes (7) a 2m Casas (2) a 3m	Arboles (5) a 2 m Postes (10) a 1.50 m	0m	0m

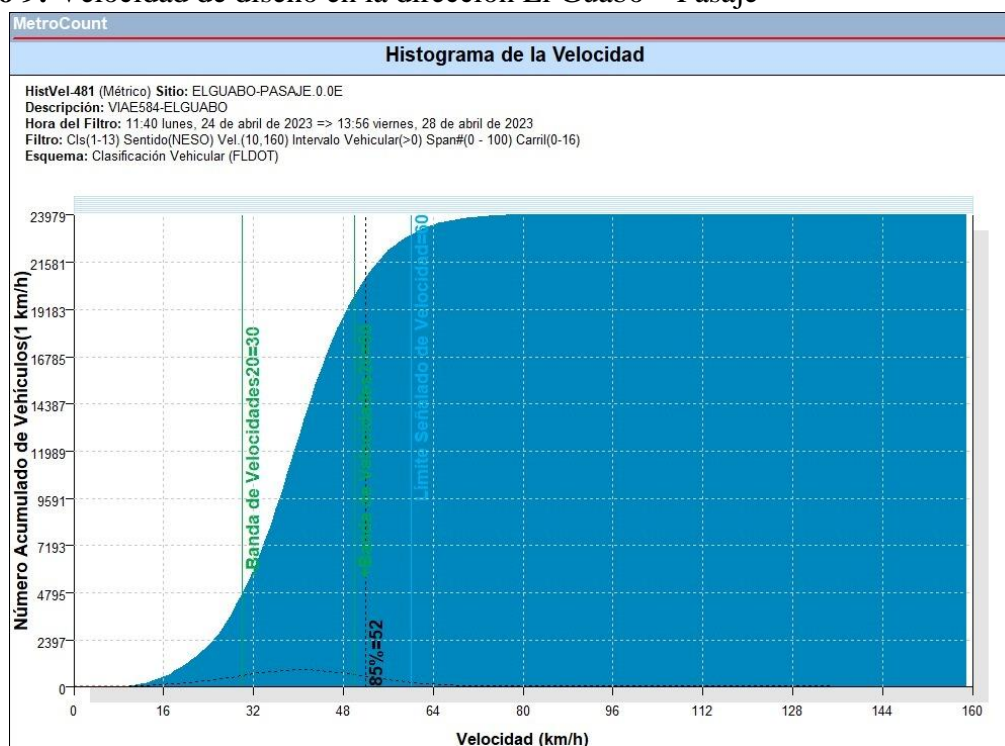
Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Velocidad de diseño en la dirección Pasaje – El Guabo



Fuente: Programa MetroCount Traffic Executive

Anexo 9: Velocidad de diseño en la dirección El Guabo – Pasaje



Fuente: Programa MetroCount Traffic Executive

Anexo 10: Radios mínimos y grados máximos de Curvas Horizontales para distintas velocidades de diseño

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

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

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 156

Anexo 11: Ficha de observación de las señaléticas

FICHA DE OBSERVACIÓN						
TRAMO DE LA VIA E584 PASAJE – EL GUABO						
FECHA: 16 de Abril del 2023						
OBSERVADORES: Joselyn Estefanía González Silva - Bryan Giovanni León Bonilla						
SEÑALÉTICAS HORIZONTALES						
ITEM	Símbolos	Cumple	No cumple	Nivel de deterioro		
				Bajo	Medio	Alto
1	Líneas blancas continuas en los bordes de la calzada.		X			
2	Líneas amarillas continuas en el centro de la curva.	X				X
3	Líneas amarillas segmentadas en el centro de la calzada.	X				X
4	Presencia de tachas reflexivas.		X			
5	Líneas de cruce peatonal.		X			
6	Resaltos o reductores de velocidad.	X			X	
7	Flechas direccionales en el centro de la calzada.		X			

SEÑALÉTICAS VERTICALES				
ITEM	Símbolos	Cumple	No cumple	Observación
8	Señales reglamentarias.	X		1 señalética de Reduzca la velocidad 1 señaléticas de Parada de bus
9	Señales preventivas.	X		2 señalética de Entrada y salida de vehículos 7 señaléticas de curvas abiertas a la izquierda, derecha 3 señaléticas de Reductor de velocidad 2 señalética de Cruce peatonal
10	Señales informativas.	X		5 señaléticas de Nombres de Pueblos
11	Postes delineadores de vía.		X	
12	Delineadores de curva horizontal.		X	
13	Señales turísticas y de servicio.	X		1 señalética de ciclismo turístico y restaurante
14	Presencia de dispositivos de iluminación.	X		141 postes de luz

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Estado de las señaléticas verticales

SEÑALÉTICAS VERTICALES				
Símbolos		Estado de Señalización		
		Mal	Regular	Bien
Señales reglamentarias.	1 señalética de Reduzca la velocidad	X		
	1 señaléticas de Parada de bus			X
Señales preventivas.	2 señalética de Entrada y salida de vehículos	X		
	7 señaléticas de curvas abiertas a la izquierda, derecha		X	
	3 señaléticas de Reductor de velocidad		X	
	2 señalética de Cruce peatonal	X		
Señales informativas.	5 señaléticas de Nombres de Pueblos			X
Señales turísticas y de servicio.	1 señalética de ciclismo turístico y restaurante			X

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Anchos de carriles

Velocidad máxima de la vía (km/h)	Ancho del carril (m)
Menor a 50 (urbana)	Mínimo 3,00
De 50 a 90 (rural)	Entre 3,00 y 3,50
Mayor a 90 (rural)	Entre 3,50 y 3,80

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, Señalización Vial