



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Predimensionamiento de muro de contención para ampliación de la vía  
Limón de la ciudad de Machala.**

**ZAMORA APOLO ERICK DAVID  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Predimensionamiento de muro de contención para ampliación de la  
vía Limón de la ciudad de Machala.**

**ZAMORA APOLO ERICK DAVID  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**Predimensionamiento de muro de contención para ampliación de  
la vía Limón de la ciudad de Machala.**

**ZAMORA APOLO ERICK DAVID  
INGENIERO CIVIL**

**OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER**

**MACHALA  
2023**

# PREDIMENSIONAMIENTO DE MURO DE CONTENCIÓN PARA AMPLIACIÓN DE LA VIA LIMON DE LA CIUDAD DE MACHALA

*por Erick David Zamora Apolo*

---

**Fecha de entrega:** 01-mar-2024 04:12p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2309184829

**Nombre del archivo:** I\_N\_PARA\_AMPLIACION\_DE\_LA\_VIA\_LIMON\_DE\_LA\_CIUADAD\_DE\_MACHALA.docx (64.6K)

**Total de palabras:** 9246

**Total de caracteres:** 50036

# PREDIMENSIONAMIENTO DE MURO DE CONTENCIÓN PARA AMPLIACIÓN DE LA VIA LIMON DE LA CIUDAD DE MACHALA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

1 %

INDICE DE SIMILITUD

1 %

FUENTES DE INTERNET

0 %

PUBLICACIONES

0 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://creativecommons.org">creativecommons.org</a> Fuente de Internet	<1 %
2	Submitted to Instituto Madrilenio de Formacion Trabajo del estudiante	<1 %
3	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
4	<a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
5	<a href="https://observatorio.campus-virtual.org">observatorio.campus-virtual.org</a> Fuente de Internet	<1 %
6	<a href="https://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

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

El que suscribe, ZAMORA APOLO ERICK DAVID, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Predimensionamiento de muro de contención para ampliación de la vía Limón de la ciudad de Machala., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

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

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

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

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



ZAMORA APOLO ERICK DAVID

0706744034



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PREDIMENSIONAMIENTO DE MURO DE CONTENCIÓN PARA  
AMPLIACIÓN DE LA VÍA LIMÓN DE LA CIUDAD DE MACHALA**

**ZAMORA APOLO ERICK DAVID  
INGENIERIA CIVIL**

**MACHALA 2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PREDIMENSIONAMIENTO DE MURO DE CONTENCIÓN PARA  
AMPLIACIÓN DE LA VÍA LIMÓN DE LA CIUDAD DE MACHALA**

**ZAMORA APOLO ERICK DAVID**

**INGENIERIA CIVIL**

**MACHALA 2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA**

**CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**PREDIMENSIONAMIENTO DE MURO DE CONTENCIÓN PARA  
AMPLIACIÓN DE LA VÍA LIMÓN DE LA CIUDAD DE MACHALA**

**ZAMORA APOLO ERICK DAVID**

**INGENIERIA CIVIL**

**ERWIN JAVIER OYOLA ESTRADA**

**MACHALA 2023**

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro de manera especial a mí mismo. Durante muchas noches de desvelo y tardes soleadas que atesaban mi piel, trabajé arduamente para culminar esta etapa. En este punto de mi vida, a punto de obtener un título profesional, reconozco verdaderamente el esfuerzo que he realizado para llegar hasta aquí. Ha sido un camino muy largo, pero me siento complacido por haber alcanzado este punto.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi profundo agradecimiento por el apoyo brindado por mis padres durante mi trayectoria universitaria, quienes siempre estuvieron a mi lado para ayudarme a culminar la carrera. También agradezco a mis hermanos por sus consejos y aliento a lo largo de este camino, así como a mis amigos, quienes me han acompañado desde el inicio de la carrera hasta este momento crucial. No puedo pasar por alto la invaluable guía proporcionada por mi tutor de tesis, cuyo acompañamiento fue fundamental para la realización de este proyecto académico. Expreso mi sincero agradecimiento a Meli por su apoyo sincero y útil, que ha sido de gran valor para mí.

**Título:** Predimensionamiento de muro de contención para ampliación de la vía Limón de la ciudad de Machala

## **RESUMEN**

El tema de la seguridad vial en Machala, especialmente en las carreteras principales con alta congestión vehicular, es esencial para un tránsito seguro y eficiente. Desde los años 80, se han buscado modelos de comportamiento de seguridad vial en carreteras rurales, considerando factores como la consistencia del trazado y la relación con la accidentalidad. La falta de señalización adecuada en la vía Limón ha generado problemas de seguridad vial para conductores y peatones, exacerbados por la congestión en intersecciones críticas debido a atractores de tráfico como colegios y mercados mayoristas, así como el mal estado de la vía con hundimientos y baches. El estudio se centra en evaluar la seguridad vial en la vía Limón, comprendiendo su base teórica, realizando una evaluación técnica y proponiendo soluciones para mejorar la seguridad y prevenir accidentes.

La evaluación del estado actual de la seguridad vial en la vía Limón de la ciudad de Machala se realizó mediante métodos técnicos, lo que permitió identificar las principales causas de los accidentes de tráfico en dicha vía y proponer soluciones efectivas para mejorar la seguridad y prevenir futuros accidentes. Se utilizaron metodologías respaldadas por estándares como el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN, la normativa AASHTO y el Manual de Capacidad de Carretera 2000 para garantizar la seguridad vial en la vía Limón. Esta aproximación técnica proporcionó datos precisos sobre el estado actual de la vía, incluyendo velocidades promedio, conteo de tráfico y la condición de las señales de tránsito. Los resultados del análisis de la señalización vial y del estudio del tráfico durante cinco días ofrecen una visión completa del estado y funcionamiento de la carretera evaluada. El Índice de Estado de Señalización (IES) de 4.27, clasificado como "MAL", revela una deficiente señalización reglamentaria en la vía, como se especifica en los grupos 2 y 3 de la evaluación. Además, el análisis del tráfico indica que, aunque la velocidad promedio de 36 km/h cumple con las normativas urbanas de seguridad vial, el alto flujo vehicular resulta en una velocidad promedio máxima que oscila entre 20 y 40 km/h, subrayando la necesidad de mejorar tanto la señalización como la gestión del tráfico en la carretera para garantizar la seguridad vial de los usuarios. Como solución al congestionamiento vehicular

en la zona de estudio, se propone ampliar la Vía el Limón a cuatro carriles, extendiéndola hacia el canal El Macho, con la construcción de un muro en voladizo o cantiléver que sostenga la masa de relleno necesaria para esta expansión, garantizando la estabilidad del terreno. Esta mejora aumentaría la capacidad de tráfico y reduciría la congestión vehicular, mejorando la fluidez del tránsito y mitigando los impactos ambientales y acústicos en la zona residencial.

### **Palabras clave**

Evaluación, señalización vial, seguridad, diseño, mantenimiento

**Title:** Assessment of Road Safety on Limón Road in Machala and Proposal for Predimensioning of Retaining Wall for Its Expansion.

## **ABSTRACT**

The issue of road safety in Machala, especially on main roads with high vehicular congestion, is essential for safe and efficient traffic flow. Since the 1980s, researchers have been seeking road safety behavior models on rural roads, considering factors such as road consistency and their relation to accident rates. The lack of proper signaling on the Limón road has led to road safety issues for both drivers and pedestrians, exacerbated by congestion at critical intersections due to traffic attractors like schools and wholesale markets, as well as the poor road conditions with sinkholes and potholes. The study focuses on evaluating road safety on the Limón road, understanding its theoretical basis, conducting technical assessments, and proposing solutions to enhance safety and prevent accidents.

The assessment of the current state of road safety on the Limón road in the city of Machala was conducted using technical methods, allowing for the identification of the main causes of traffic accidents on this road and proposing effective solutions to enhance safety and prevent future accidents. Methodologies supported by standards such as the Ecuadorian Technical Regulation INEN, AASHTO regulations, and the Road Capacity Manual 2000 were employed to ensure road safety on the Limón road. This technical approach provided precise data on the current state of the road, including average speeds, traffic counts, and the condition of traffic signals. The results of the road signaling analysis and the traffic study over five days offer a comprehensive view of the state and operation of the evaluated road. The Signaling State Index (SSI) of 4.27, classified as "POOR," reveals deficient regulatory signaling on the road, as specified in evaluation groups 2 and 3. Additionally, the traffic analysis indicates that, although the average speed of 36 km/h complies with urban road safety regulations, the high vehicular flow results in a maximum average speed ranging from 20 to 40 km/h, underscoring the need to improve both signaling and traffic management on the road to ensure road safety for users. As a solution to vehicular congestion in

the study area, expanding Limón Road to four lanes, extending it towards El Macho Canal, with the construction of a cantilever wall to support the necessary fill mass for this expansion, ensuring ground stability, is proposed. This improvement would increase traffic capacity and reduce vehicular congestion, enhancing traffic flow and mitigating environmental and acoustic impacts in the residential area.

**Keywords:**

Evaluation, road signage, safety, design, maintenance

## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTO .....	4
RESUMEN .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
INDICE DE TABLAS .....	11
INTRODUCCIÓN .....	12
Importancia del tema.....	12
Actualidad de la problemática .....	12
Estructura del trabajo .....	13
Capítulo 1: Planteamiento del problema.....	15
1.1    Antecedentes .....	15
1.1.1    Caracterización territorial de Machala .....	15
1.1.2    Limite urbano. ....	15
1.1.3    Ubicación del proyecto.....	17
1.1.4    Población .....	17
1.1.5    Situación vial .....	18
1.1.6    Datos estadísticos sobre los siniestros de tránsito que se suscitan en Machala, informados en base los partes elaborados por los ACT:.....	21
1.2    Descripción de la situación problemática .....	24
1.3    Delimitación del objeto de estudio .....	26
1.4    Justificación .....	27
1.5    Objetivos: generales y específicos .....	28
1.5.1    General.....	28
1.5.2    Específicos.....	28
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	29
2.1    Antecedentes contextuales .....	29
2.2    Antecedentes referenciales o históricos .....	30
2.3    Antecedentes Conceptuales y referenciales .....	31
CAPITULO III.....	38
3.    METODOLOGIA.....	38
3.1    Tipo de investigación .....	38
3.1.1    Exploratoria.....	38

3.1.3	De campo .....	38
3.1.4	Explicativa .....	38
3.3	Descripción de la población y muestra .....	39
3.3.1	Población.....	39
3.4	Muestra .....	39
3.4	Métodos teóricos con materiales utilizados .....	40
3.4.2	Clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes. ....	41
3.5	Métodos empíricos con los materiales utilizados.....	45
3.5.1	Estudio de velocidades promedio de circulación.....	45
CAPITULO IV.....		53
4.	Análisis e interpretación de Resultados .....	53
CAPITULO V.....		55
5.	Propuesta.....	55
5.1	Propuesta para la ampliación de la vía Limón .....	55
	Diseño de pavimento flexible .....	55
5.2	Diseño de muro en voladizo considerando empuje de tierra y sobrecarga vehicular. ...	62
CONCLUSIONES .....		71
RECOMENDACIONES.....		72
BIBLIOGRAFÍA .....		73
ANEXOS .....		77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Mapa vía satélite de la ciudad de Machala .....	15
<b>Figura 2:</b>	Límite urbano vigente .....	16
<b>Figura 3:</b>	Recorrido de la vía .....	17
<b>Figura 4:</b>	Accidentes por tipología del año 2022.....	23
<b>Figura 5:</b>	Heridos y fallecidos en el periodo 2022.....	24
<b>Figura 6:</b>	Medición del segmento de carretera objeto de análisis.....	40
<b>Figura 7:</b>	Tipo de vehículos .....	41
<b>Figura 8:</b>	tramo de 50 m para el estudio de velocidades de la vía limón.....	46
<b>Figura 9:</b>	estado actual de la vía Limón.....	55
<b>Figura 10:</b>	diseño de los espesores de las capas de un pavimento.....	61
<b>Figura 11:</b>	estado actual de la vía .....	61

<b>Figura 12:</b> Propuesta de diseño para la ampliación de la vía limón .....	62
<b>Figura 13:</b> método de cálculo Predimensionamiento para muro de contención en voladizo .....	64
<b>Figura 14:</b> Predimensionamiento de la propuesta del muro de contención en voladizo o cantiliver. ....	65
<b>Figura 15:</b> Análisis y diseño de muros de contención .....	66
<b>Figura 16:</b> propuesta de diseño para muro de contención y ampliación de la vía Limón .....	69
Figura 17: Evaluación del ISV .....	77
Figura 18: Evaluación del ISV .....	77
Figura 19: Evaluación del ISV .....	78
Figura 20: Evaluación del ISV .....	78
Figura 21: Piel de cocodrilo en la vía limón .....	79
Figura 22: Semaforización en la vía .....	79
Figura 23: Observación sobre la falta de paraderos para transporte publico .....	80
Figura 24: Intersección vial y su estado actual .....	80
Figura 25: lindero vial y del canal sin contar la seguridad adecuada .....	81

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Áreas urbanas actuales.....	16
<b>Tabla 2:</b> población cantón Machala. ....	18
<b>Tabla 3:</b> Tipos de vías externas.....	18
<b>Tabla 4:</b> Ejes viales estratégicos .....	19
<b>Tabla 5:</b> Estado de las vías.....	20
<b>Tabla 6:</b> Accidentes por ubicación del año 2022 .....	21
<b>Tabla 7:</b> Accidentabilidad de tránsito periodo 2022 .....	24
<b>Tabla 8:</b> resultados de los datos del conteo para el TPD. ....	42
<b>Tabla 9:</b> Factor de ajuste diario.....	44
<b>Tabla 10:</b> clasificación de la vía .....	44
<b>Tabla 11:</b> Velocidad promedio de circulación en la vía .....	46
<b>Tabla 12:</b> Visibilidad de la señal.....	48
<b>Tabla 13:</b> Posición de la señal.....	49
<b>Tabla 14:</b> Forma de la señal.....	49
<b>Tabla 15:</b> Decoloración de la señal.....	50
<b>Tabla 16:</b> Desgaste de la señal.....	50
<b>Tabla 17:</b> Suciedad de la señal.....	51
<b>Tabla 18:</b> Retroreflexión de la señal.....	51
<b>Tabla 19:</b> Evaluación de las señales verticales de la vía Limón .....	52
<b>Tabla 20:</b> Resultados de la evaluación realizada .....	54
<b>Tabla 21:</b> condiciones iniciales de diseño.....	60

## INTRODUCCIÓN

### **Importancia del tema**

La seguridad vial es un tema de gran importancia en la ciudad de Machala, especialmente en las carreteras de primer orden donde se registra una alta congestión vehicular. La prevención de accidentes y la protección de los usuarios de las vías públicas son aspectos esenciales que deben ser abordados con seriedad para garantizar un tránsito seguro y eficiente.

Desde los años 80, los investigadores han buscado establecer modelos de comportamiento de seguridad vial en carreteras rurales, considerando las condiciones del lugar, vehículos, conductores, pavimento, normas, recursos económicos y señalización. Se distinguen dos variantes para evaluar la seguridad vial: una que considera la consistencia del trazado y otra que analiza la relación entre la accidentalidad y los elementos del sistema de seguridad vial (García Depestre, Delgado Martínez, & Díaz García, 2012).

La Seguridad Vial se vuelve cada vez más crucial en el contexto de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU. Existe una conexión innegable entre la alta tasa de mortalidad en las carreteras y la inseguridad generalizada. Este problema, que afecta al derecho fundamental a la vida, está intrínsecamente relacionado con varios aspectos, incluyendo la movilidad, la infraestructura, la cultura y la educación vial, además de la regulación legal.

Además, son componentes esenciales del Desarrollo Sostenible, buscando satisfacer las necesidades actuales sin poner en riesgo el futuro. Es fundamental que los ciudadanos comprendan plenamente este concepto y participen activamente en la formulación y ejecución de políticas públicas al respecto. A pesar de la disminución en las estadísticas de accidentes, la preocupación persiste, sobre todo en zonas rurales. Es esencial establecer una relación efectiva entre la competencia en las vías y la seguridad para abordar de manera integral la problemática de la inseguridad vial. (Domínguez, Piñón, & Cobas, 2019).

### **Actualidad de la problemática**

La vía Limón en Machala presenta una preocupante falta de seguridad vial, lo que provoca altos índices de accidentes, congestión vehicular y estrés para los usuarios. La falta de señalización, planificación y cumplimiento de la normativa, junto con la presencia de atractores vehiculares

como un colegio y un mercado mayorista, generan un tráfico caótico y peligroso. Además, el mal estado de la vía, la falta de mantenimiento y una infraestructura frágil complican aún más la situación. Estas problemáticas afectan negativamente la movilidad de los ciudadanos y generan un creciente malestar en la población. Se requiere una intervención integral para garantizar la seguridad y bienestar de todos. Garantizar una circulación vehicular y peatonal segura debe ser una de las prioridades de los Gobiernos Municipales y entidades competentes. El ordenamiento vial y el uso de señaléticas tanto verticales como horizontales son los principales recursos para alcanzar dicho objetivo. (Alava-González, Intriago-Cevallos, & Ortiz-Hernández, 2023)

### **Estructura del trabajo**

En el primer capítulo, se introduce de manera exhaustiva la ciudad de Machala desde una perspectiva de seguridad vial. Este análisis detallado aborda la problemática actual que suscita preocupación entre los residentes debido a la falta de medidas adecuadas para garantizar la seguridad en las carreteras. Tanto las causas subyacentes como las consecuencias de esta situación son exploradas minuciosamente, subrayando la importancia crítica de abordar este desafío en la actualidad.

En el segundo capítulo, se profundiza en los antecedentes históricos de la ciudad de Machala para establecer un contexto sólido para el análisis, proporcionando información clave sobre cómo se formó la ciudad y cómo ha evolucionado hasta hoy. Se destaca especialmente la situación actual que motiva este estudio: la seguridad vial y su impacto en los usuarios viales. También se investigan los conceptos y referencias que son esenciales para entender el enfoque y los objetivos del estudio, especialmente aquellos relacionados con la movilidad urbana y la planificación de transporte. Finalmente, se analiza a fondo el contexto actual del tema en estudio, desde una perspectiva amplia hasta niveles más específicos, para obtener una comprensión completa de la seguridad vial en la ciudad de Machala.

En el tercer capítulo, se detalla la metodología aplicada en este estudio, destacando los enfoques de investigación utilizados. Se describen en profundidad tanto los métodos teóricos, que involucran fórmulas específicas para calcular el IPC de la capa de rodadura, evaluación de las señales verticales y horizontales, aforo de velocidad, basados en el Manual de Capacidad de Carreteras 2000, como los métodos empíricos. En resumen, este capítulo proporciona una visión

general de las herramientas y técnicas empleadas en el estudio, garantizando la obtención de resultados precisos y fiables para el análisis de la capacidad vial y el rendimiento del tráfico.

El cuarto capítulo exhibe los resultados obtenidos a partir de la metodología previamente descrita en el tercer capítulo. Estos resultados se organizan de manera sistemática en tablas e imágenes para facilitar su análisis y comprensión. Además de presentar los datos, se formula una propuesta de solución destinada a mejorar la seguridad vial en las intersecciones. Finalmente, el capítulo finaliza con las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis efectuado.

## Capítulo 1: Planteamiento del problema

### 1.1 Antecedentes

#### 1.1.1 Caracterización territorial de Machala

Machala se encuentra en la costa ecuatoriana, al suroeste del país. Es la ciudad más poblada de la provincia de El Oro y sirve como centro administrativo, económico, financiero y comercial. Tiene aproximadamente 37.292,38 hectáreas de extensión, distribuidas en varias parroquias urbanas y una parroquia rural como se muestra en la Figura 1. (Alcaldía de Machala, 2022)

**Figura 1:** Mapa vía satélite de la ciudad de Machala



**Fuente:** Google Earth.

#### 1.1.2 Limite urbano.

El límite urbano actual fue establecido en 2012 y abarca un área de 5.993,02 hectáreas, que incluye áreas urbanas consolidadas y no consolidadas. Sin embargo, se está considerando una variante sobre el límite urbano para futuras actualizaciones del PDOT, con un enfoque en el impacto social en la tabla 1 se muestran las áreas urbanas actuales. (Alcaldía de Machala, 2022)

**Tabla 1:** Áreas urbanas actuales

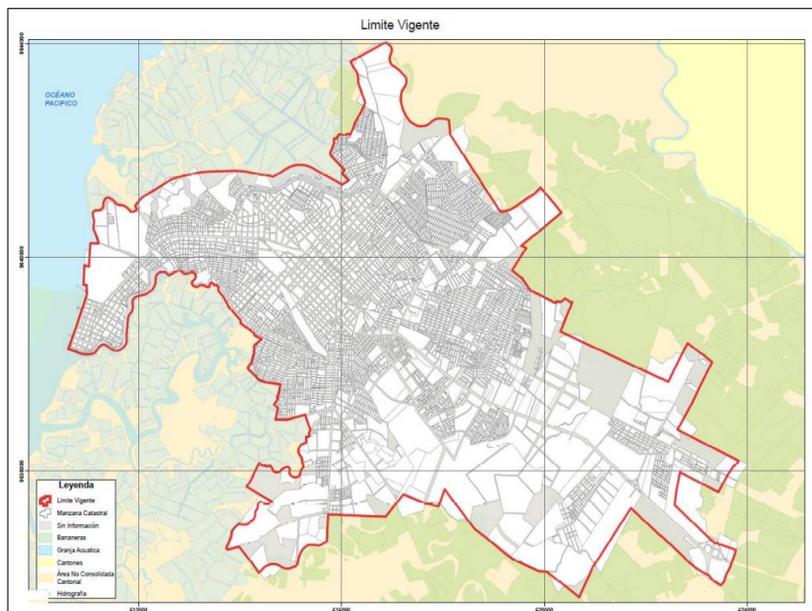
Áreas urbanas	Área (ha)	% del área
Área consolidada	2902,14	48,43
Área en proceso de consolidación	3090,88	51,57
Totales	5993,02	100,00

**Fuente:** Datos geográficos tomados de sistemas de información con combinación de variables externas

**Elaboración:** SCC Consulting Group 2020

Igualmente, en el Mapa que se muestra a continuación se puede apreciar que la ciudad cuenta con un perímetro urbano establecido desde 2012, el cual sigue siendo válido hasta hoy y abarca un área mayor a la mancha urbana, la cual está creciendo hacia el este. Considerando una extensión de 5.993,02 ha y una población proyectada de 289.141 según INEC2020), la densidad actual es de 48,2 habitantes por hectárea, como se muestra en la Figura 2. (Alcaldía de Machala, 2022)

**Figura 2:** Límite urbano vigente

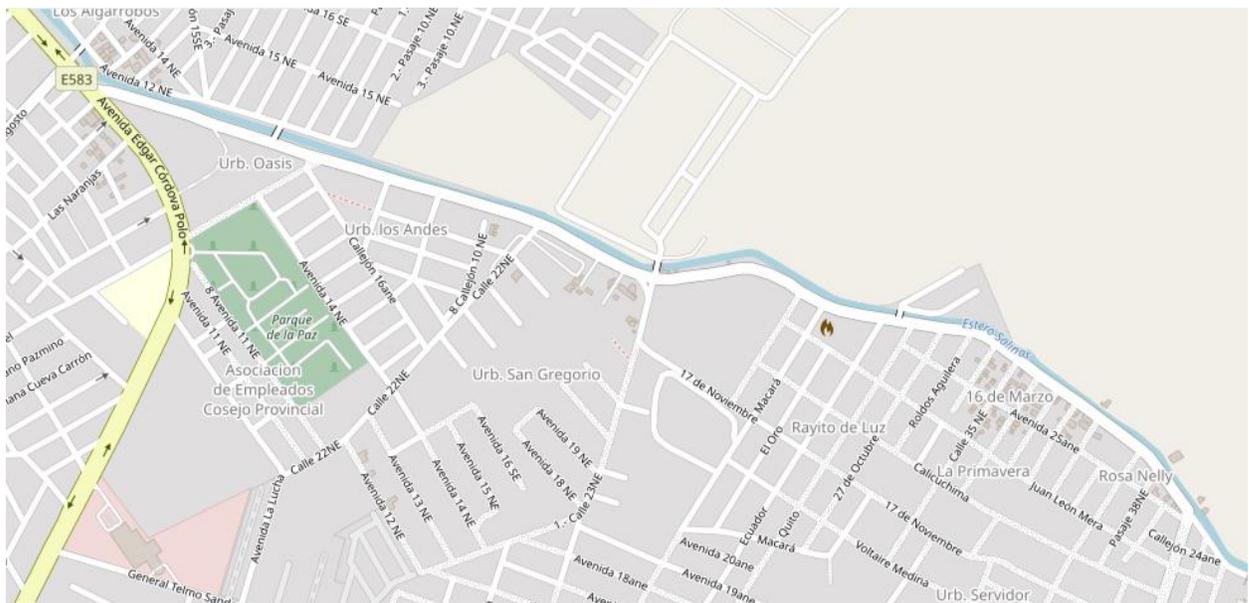


**Fuente y elaboración:** DIPLAN CIA. LTDA.

### 1.1.3 Ubicación del proyecto

El sector de estudio de este proyecto yace en la vía Limón, desde la intersección entre la Av. Edgar Córdova Polo y Vía Limón frente al tía (617568.98 m E; 9640275.06 m S), hasta interceptar con la Calle 40 NE - Juan Pablo II con coordenadas (619633.54 m E; 9639482.94 m S), comprende 2,3 km de vía aproximadamente como se puede observar en la Figura 4.

**Figura 3:** Recorrido de la vía



**Fuente:** OpenStreetMap.

### 1.1.4 Población

Según el Censo de Población y Vivienda 2010, en el cantón Machala había 256.022 habitantes. Sin embargo, una proyección del INEC en 2017 estima que para el año 2020 la población de Machala sería aproximadamente de 289.141 personas, con un ligero predominio de mujeres sobre hombres. El área urbana representa el 96% del cantón, con una población de aproximadamente 277.575 personas, mientras que el área rural abarca el 4% restante, ver tabla 1. (Alcaldía de Machala, 2022)

**Tabla 2:** población cantón Machala.

<b>SEXO</b>	<b>AREA URBANA</b>	<b>AREA RURAL</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Hombre</b>	136.234	5.676	141.910
<b>Mujer</b>	141.341	5.889	150.196
<b>TOTAL</b>	<b>277.575</b>	<b>11.566</b>	<b>289.141</b>

**Fuente:** SNI – INEC 2010 / Proyecciones 2020

**Elaboración:** SCC 2020 – PDOT 2015

### **1.1.5 Situación vial**

La red vial de primer orden conecta los cantones de Pasaje, Santa Rosa y El Guabo, facilitando la conectividad Inter cantonal con carreteras pavimentadas y distancias cortas. Es importante tener en cuenta que esta red es principalmente estatal.

En promedio, la distancia entre Machala y los cantones vecinos es de 23 km, siendo la distancia más corta hacia El Guabo (18 km), seguida de Pasaje (20 km) y la más larga hacia Santa Rosa (31 km). El crecimiento de la población de Machala se da gradualmente hacia Pasaje, con potencial alto hacia El Guabo y Santa Rosa debido a los asentamientos existentes y el equipamiento provincial.

Sin embargo, la decisión de crecimiento no debe basarse únicamente en la conectividad vial, sino en un análisis integral del PUGS y el PDOT para determinar una visión óptima de crecimiento para la ciudad, ver tabla 2 donde se muestran los tipos de vías externas. (Alcaldía de Machala, 2022)

**Tabla 3:** Tipos de vías externas

<b>Tipo De Vías</b>	<b>Longitud (Km)</b>	<b>%</b>
Camino de Herradura	63,63	5,48
Camino de Verano	91,3	7,86
Carretera Pavimentada Angosta	7,38	0,64
Carretera Pavimentada dos o más vías	71	6,11

Sendero o vereda	195	16,79
Vía en Área Urbana	687,74	59,22
Sin información	45,21	3,89
Total	1161,26	100

**Fuente:** GPAO 2011. Actualización mediante levantamiento de campo, 2011. Estudios viales y de transporte de la ciudad de Machala, 2011. **Elaboración:** GADMM PDOT 2015

Según los estudios de transporte y vialidad de Machala en 2011, el Plan de Movilidad de Machala estima que hay 565,53 km de vías urbanas en la ciudad, pero esta información no es oficial.

Las vías urbanas ocupan el 57,19% del territorio del cantón, relacionado con la trama urbana de la ciudad. El 42,81% corresponde a vías rurales y de acceso al área urbana. Sin embargo, un alto porcentaje de estas vías son caminos de verano y senderos o veredas, lo que afecta la comunicación interna entre los lugares y dificulta el acceso rápido y efectivo a los principales centros de abastecimiento del cantón, ver tabla 3 donde se presenta los ejes viales estratégicos de la ciudad de Machala y la tabla 4 donde se muestra el estado actual de las vías. (Alcaldía de Machala, 2022)

**Tabla 4:** Ejes viales estratégicos

Eje Estratégico	Longitud (Km)
Eje estratégico principal cantonal	26,94
Eje estratégico secundario cantonal	17,69
Eje estratégico secundario provincial	14,43
Eje estatal principal	31,92
Autopista proyectada	29,72

**Fuente:** GPAO 2011. Actualización mediante levantamiento de campo, 2011. Estudios viales y de transporte de la ciudad de Machala, 2011.

**Elaboración:** GADMM PDOT 2015

**Tabla 5:** Estado de las vías

Estado	Longitud (Km)	%
Muy bueno	21,82	1,88
Bueno	52,78	4,55
Regular	17,83	1,54
Malo	69,81	6,01
Sin información	999,02	86,03
<b>Total</b>	<b>1161,26</b>	<b>100</b>

**Fuente:** GPAO 2011. Actualización mediante levantamiento de campo, 2011. Estudios viales y de transporte de la ciudad de Machala, 2011.

**Elaboración:** GADMM PDOT 2015

El Estudio Vial Machala 2011 indica que, de los 999,02 km de vías sin información adicional en el Plan de Movilidad de Machala, 565,53 km están dentro del perímetro urbano. De estos, 68 km son de hormigón (12,02%), 304,12 km son asfaltadas (53,77%), 0,73 km son adoquinadas (0,13%) y 192,69 km son de tierra o lastradas (34,07%).

Según el Plan de Movilidad Machala, aproximadamente el 37,33% de las vías en el cantón, que corresponden a caminos vecinales, senderos o veredas, no tienen información sobre su estado y se encuentran en malas condiciones. Esto equivale a unos 433,49 km.

En cuanto al transporte de pasajeros a nivel cantonal, específicamente desde y hacia la ciudad de Machala, se ha recopilado la siguiente información:

- Hay un flujo diario de 59.706 pasajeros, lo que equivale a 21'792.690 al año.
- Las frecuencias diarias de transporte son 3.317, con 1.663 salidas y 1.654 llegadas.
- Hay 23 cooperativas de transporte que ofrecen servicio con un total de 1.204 buses.

Los datos anteriores indican que hay una fuerte presión sobre el territorio cantonal, especialmente en la zona urbana. La nueva terminal y la organización del transporte interprovincial, Inter cantonal, Inter parroquial e internacional han tenido un impacto positivo en la reducción de la presión del tráfico vehicular en el centro de Machala. Sin embargo, es

necesario mantener un control riguroso para asegurarse de que esta concentración del servicio permanezca estable y no vuelva a generar congestión en la ciudad. (Alcaldía de Machala, 2022)

**1.1.6 Datos estadísticos sobre los siniestros de tránsito que se suscitan en Machala, informados en base los partes elaborados por los ACT:**

En la ciudad de Machala durante el año 2022 se registró un total de 811 accidentes de tránsito. Siendo los colocados en la tabla 2 las calles y avenidas donde se registraron al menos dos accidentes durante cada semestre del periodo 2022, ver tabla 5 donde se muestra los accidentes por ubicación.

**Tabla 6:** Accidentes por ubicación del año 2022

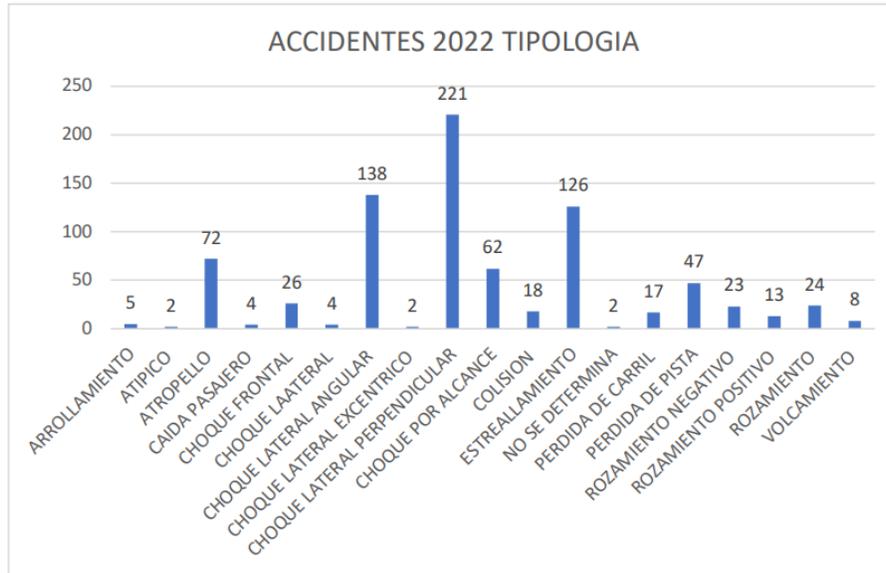
<b>CALLES Y AVENIDAS CON MAYOR ACCIDENTABILIDAD 2022</b>	<b>CANTIDAD</b>
ALEJANDRO CASTRO BENITES	24
AMERICAS Y 12AVA NORTE	3
ARIZAGA	21
AYACUCHO	7
VIA BALOSA	19
AV. BOLIVAR MADERO VARGAS	42
BABAHOYO Y LOJA	6
BOLIVAR Y AYACUCHO	13
BOYACA	6
BUENAVISTA	13
Av. CIRCUNVALACION NORTE	57
CIRCUNVALACION SUR	17
COLON TINOCO	16
10 DE AGOSTO	17
FERROVIARIA	35
GUABO	12
GUAYAS	7
HECTOR CHICA	3
HECTOR TORO	12
JUAN MONTALVO	4
JUAN PALOMINO	7

JUNIN	3
KLEBER FCO	20
MANUEL ESTOMBA	3
MANUEL SERRANO	16
MARCEL LANIADO	24
9 DE MAYO	11
NAPOLEON MERA	17
OCTAVA NORTE	7
ONCEAVA NORTE	6
OLMEDO	18
PRIMAVERA	29
PALMERAS	20
PAJONAL	14
PASAJE	9
PICHINCHA	19
ROCAFUERTE	11
SAUCES	8
SUCRE	10
SANTA ROSA	6
25 DE JUNIO	99
LIMON	17
OTROS CON MENOS DE 2 ACCIDENTES POR CALLE	103
<b>TOTAL, SINIESTROS DE TRÁNSITO</b>	<b>811</b>

**Fuente:** Movilidad Machala - Informe de rendición de cuentas 2022

**Elaboración:** Movilidad Machala EP

**Figura 4:** Accidentes por tipología del año 2022



**Fuente:** Movilidad Machala - Informe de rendición de cuentas 2022

**Elaboración:** Movilidad Machala EP

En Machala, según los datos recopilados, el tipo de accidente más común y recurrente es el "Choque lateral perpendicular", el cual ocurre mayormente debido al no respeto de las señales de tránsito en las intersecciones de la ciudad. Para corregir esta situación y mejorar la movilidad, es necesario respetar las señalizaciones y las normas de tránsito, así como implementar tecnología, lo que ayudará a reducir la tasa de mortalidad y accidentes. (Movilidad Machala EP, 2022)

**Figura 5:** Heridos y fallecidos en el periodo 2022



**Fuente:** Movilidad Machala - Informe de rendición de cuentas 2022

**Elaboración:** Movilidad Machala EP

Estadística del tránsito en la ciudad de Machala

**Tabla 7:** Accidentabilidad de tránsito periodo 2022

MES	ACCIDENTES SUSCITADOS	PERSONAS HERIDAS	PERSONAS FALLECIDAS
ENERO	63	40	4
FEBRERO	67	63	2
MARZO	66	49	2
ABRIL	74	62	4
MAYO	83	71	1
JUNIO	69	50	5
JULIO	51	33	3
AGOSTO	81	68	0
SEPTIEMBRE	70	58	4
OCTUBRE	70	70	3
NOVIEMBRE	64	29	6
DICIEMBRE	53	49	3
<b>TOTAL</b>	<b>811</b>	<b>642</b>	<b>37</b>

**Fuente:** Movilidad Machala - Informe de rendición de cuentas 2022

**Elaboración:** Movilidad Machala EP

## 1.2 Descripción de la situación problemática

La deficiente seguridad vial en la vía Limón, ubicada en las coordenadas precisas [coordenadas 617568,98 m E; 9640275,06 m S], tiene un impacto negativo en los usuarios. Esto genera altos índices de accidentes, congestión vehicular y estrés, lo que requiere una intervención integral

que promueva medidas de prevención y mejoras en la infraestructura vial. Esto, a su vez, garantizará la seguridad y bienestar de los ciudadanos.

La ausencia de una señalización adecuada en la vía Limón ha dado lugar a un problema de seguridad vial que afecta tanto a conductores como peatones. La falta de señalización horizontal y vertical a lo largo de los 2.3 km de esta carretera dificulta la movilización vehicular y peatonal, ocasionando desorientación al circular por la misma. La visibilidad de las señales horizontales es prácticamente nula debido al desgaste de la pintura de alto tráfico, lo que dificulta la identificación de carriles y límites de velocidad. Además, la ausencia de señales verticales y horizontales, obligatorias según la normativa de carreteras, agrava aún más la situación. En Colombia, la inversión en la construcción de vías urbanas y en la señalización vial ha sido insuficiente en los presupuestos asignados por las autoridades encargadas del mantenimiento y la restauración de las carreteras. Esto ha resultado en un aumento evidente de los accidentes de tráfico. Por lo tanto, se requiere la implementación de políticas públicas que den mayor importancia a la señalización vial, reconociéndola como un elemento crucial para mejorar la seguridad en las carreteras. (Yefer Asprilla Lara, 2018)

En lo que respecta a la falta de una planificación adecuada en términos de seguridad vial en las cuatro intersecciones críticas, conlleva a retrasos significativos en la movilización tanto vehicular como peatonal. Esto, a su vez, incrementa notablemente la probabilidad de accidentes y lesiones, y pone en peligro la seguridad de los usuarios que transitan por esta vía. Existen puntos atractores de tránsito en las intersecciones vehiculares como el colegio 16 de junio y el mercado mayorista, donde se genera un flujo vehicular y peatonal problemático. Este congestionamiento resulta en embotellamientos, contaminación acústica, elevados niveles de estrés y un riesgo considerable de colisiones. Dado que las carreteras suelen tener una longitud considerable que dificulta el estudio integral, resulta esencial dividir las en segmentos para abordar el análisis de manera eficiente. La elección de los segmentos en un tramo determinado se basa en las características geométricas de la carretera y las condiciones del tráfico. En este proceso, se opta por segmentos rectos que presenten pendientes inferiores al 3 %, lo que equivale a terrenos llanos. (Yusneivis Rodríguez Gutierrez, 2023)

A todo esto, se suma el deficiente mantenimiento de la estructura de la carretera. Este problema provoca hundimientos y baches en la calzada, lo cual refleja un problema para los usuarios de

la vía y la sociedad en general. Esto, a su vez, provoca retrasos en los desplazamientos, un aumento del consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> que contaminan el medio ambiente.

El condicionamiento conflictivo del desplazamiento en las intersecciones se debe al nivel de servicio deficiente. Factores como la velocidad promedio de los vehículos, la densidad de tráfico, la capacidad de la vía y la distancia de seguimiento entre vehículos evidencian que la vía no puede manejar el volumen de tráfico que recibe, especialmente en las intersecciones donde se producen congestiones. Esto disminuye la velocidad promedio de los vehículos y afecta negativamente la eficiencia y seguridad del tráfico, generando retrasos en los desplazamientos.

Es importante señalar que hay evidencia de deterioro en la intersección de la vía Limón y la calle 1era avenida, donde se encuentra el mercado mayorista y minorista de la ciudad. En este punto, que es un atractor crítico de tráfico, la entrada y salida de tráfico pesado ha causado un desmejoramiento en la capa de rodadura. Este problema se agrava con el tiempo y afecta la integridad de la estructura de la carretera.

Es de suma importancia realizar el estudio para poder analizar las causas y efectos de los conflictos que se producen en la vía limón, se debe cuantificar y predecir la magnitud de este daño y así poder diagnosticar una solución que mejore al usuario de esta importante vía de comunicación o si no se continuará con todos los problemas descritos anteriormente como los puntos de conflicto vial, el deterioro de la capa de rodadura, los accidentes de tránsito y la contaminación. A pesar de las ventajas del transporte, enfrentamos problemas, como los accidentes de tráfico, que causan lesiones, discapacidades, pérdidas económicas y hasta la muerte. Anualmente, estos accidentes cobran alrededor de 1.3 millones de vidas y suponen un costo del 3% del PIB en la mayoría de los países, siendo los países de bajos ingresos, que tienen el 60% del parque vehicular global, los más afectados, con más del 93% de las muertes por accidentes de tráfico. (José Miguel Muñoz, 2022)

### **1.3 Delimitación del objeto de estudio**

La evaluación de la seguridad vial se enfoca en la vía Limón, ubicada en la ciudad de Machala en el año 2023. El área de estudio abarca un tramo específico de esta carretera, desde la

intersección de la Vía Limón con la Av. Circunvalación norte, frente al supermercado Tía (coordenadas 617568,98 m E; 9640275,06 m S), hasta su punto de intersección con la Av. Montgomery Sánchez (coordenadas 619633,54 m E; 9639482,94 m S). Este tramo tiene una longitud aproximada de 2,3 kilómetros.

#### **1.4 Justificación**

Machala, se destaca como centro administrativo y económico debido a su alta población y el segundo puerto marítimo más importante del país. Recientemente, el aumento del comercio interregional ha impulsado la mejora de las carreteras para una comunicación más efectiva entre ciudades y un transporte de productos más eficiente. A lo largo de la historia, el medio de comunicación más antiguo utilizado por las personas ha sido el terrestre, que ha sido crucial para conectar comunidades y ciudades, convirtiéndose en un pilar global. En la actualidad, el progreso de una nación se refleja principalmente en el estado de su infraestructura. Por lo tanto, es esencial que cada país cuente con una red vial en óptimas condiciones para garantizar la seguridad y el bienestar de sus ciudadanos. Esto se logra al cumplir con los requisitos de mantenimiento establecidos en las regulaciones vigentes para la conservación de la infraestructura vial terrestre. (Baque-Solis, 2020)

Se realiza esta investigación para abordar la seguridad vial en la vital vía Limón, que alberga el mercado mayorista y minorista de Machala, así como un colegio militar. Ignorar las recomendaciones finales de este proyecto podría agravar el problema con el tiempo, incrementando el riesgo de accidentes de tránsito y deterioro de la infraestructura vial. Conjuntamente este estudio se destaca por su importancia y conveniencia, ya que proporcionará información crucial para mejorar la competencia en el mantenimiento vial. Además, contribuirá significativamente a la proyección de las instituciones académicas a nivel nacional e internacional. Desde una perspectiva social, los resultados tendrán un impacto directo en la aplicación de competencias en mantenimiento vial, beneficiando principalmente a los habitantes de la región. En términos prácticos, esta investigación desempeñará un papel fundamental en la resolución de problemas relacionados con el mantenimiento, especialmente en la dirección estratégica de vías de acceso y carreteras en las comunidades. (José Huamani Arone, 2022)

Además, la razón fundamental detrás de este proyecto es la aspiración de obtener el título de Ingeniero Civil y la urgente necesidad de adquirir conocimientos específicos en un campo crucial para la práctica profesional. Esta justificación resalta la relevancia tanto académica como práctica de la investigación, que es esencial para el crecimiento y desarrollo personal como ingeniero civil.

## **1.5 Objetivos: generales y específicos**

### **1.5.1 General**

Evaluar el estado actual de la seguridad vial en la vía Limón de la ciudad de Machala, mediante métodos técnicos, con el fin de identificar las causas principales de los accidentes de tráfico y proponer soluciones efectivas para mejorar la seguridad y prevenir futuros accidentes.

### **1.5.2 Específicos**

- Establecer una base teórica sólida para comprender los elementos clave de la seguridad vial mediante el análisis de recursos bibliográficos, con el propósito de tanto evaluar la capacidad vial como la congestión vehicular en entornos urbanos.
- Realizar una evaluación de la seguridad vial en la vía Limón de la ciudad de Machala, empleando los métodos y técnicas de movilidad, conforme a la normativa correspondiente, para obtener datos técnicos del problema presentado.
- Proponer un predimensionamiento de un muro de contención para la ampliación de la vía Limón en la ciudad de Machala, con el fin de garantizar la estabilidad del terreno y la seguridad de la infraestructura vial.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes contextuales**

#### **Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador**

El objetivo de la investigación fue analizar soluciones para mejorar el nivel de servicio en esta vía. Se recopilaron datos mediante observación y conteos de tráfico en intersecciones, y se proyectó un aumento en el flujo de vehículos a 5 años. Las causas principales de la congestión son los tiempos de reparto del ciclo semafórico y la obstrucción causada por los autobuses de la Metro vía. La solución propuesta implica la actualización del sistema semafórico, la apertura de una vía de salida preexistente antes de la intersección y el control de la congestión causada por los autobuses de la Metro vía. (Tarek Ziad Ashhad Verdezoto, 2020)

#### **Evaluación de la señalización vertical de la vía Pasaje -Machala**

El presente trabajo investigativo tuvo como finalidad realizar la evaluación del estado actual de la señalización vertical de la Vía Pasaje –Machala desde la rotonda (KM 0+000) hasta la Avenida Alejandro Castro (KM 13+800), mediante el método analítico del Índice de Estado de Señalización Vertical (IES). Se realizó la evaluación de la vía por tramos que fueron 5 y en gran parte se encuentran en buenas condiciones la señalización vertical. Con los datos recolectados de campo y trabajo de oficina se obtuvo que la calificación para la señalización vertical de los tramos 2, 3, 4 y 5 fue “EXCELENTE”, mientras que el tramo 1 es “BIEN”. Las herramientas y materiales que se ha utilizado para este trabajo son tablas y métodos analíticos sencillos y de fácil manejo. (Jiménez Paredes, Oyola Estrada, Romero Valdiviezo, & Gordillo, 2018)

#### **Evaluación de la congestión vehicular: Av. Castro Benítez y Vía Pajonal, Machala-Ecuador, año 2016**

La investigación se centró en evaluar la congestión vehicular en la intersección de las Av. Alejandro Castro Benítez y Av. Pajonal en Machala, Ecuador. Con dos carreteras cruciales de 2 y

4 carriles y deficiente señalización, se utilizó observación de campo y conteos vehiculares durante tres días. Los resultados, procesados mediante el método HCM 1985 y SYNCHRO 8.0, indicaron un severo congestionamiento vial con una demora promedio de 173,3 segundos, confirmando la hipótesis inicial. Se recomendó la instalación de semáforos, la ampliación de la vía Pajonal a 6 carriles con giros protegidos y la futura construcción de un paso elevado y vías de descongestionamiento. (Erwin Javier Oyola Estrada, 2017)

## **2.2 Antecedentes referenciales o históricos**

Normalmente en ciudad de Machala, no se tenía en cuenta la capacidad vial en relación con la cantidad de vehículos al planificar las calles. Pero con el aumento constante del número de automóviles, resulta imperativo analizar en la actualidad el nivel de servicio de las vías debido al evidente congestionamiento. El aumento de la población ha generado una mayor demanda de transporte público, las carreteras son vitales para la conectividad entre ciudades, pero es esencial que estén en condiciones óptimas para garantizar la seguridad y facilitar la movilidad. Indiscutiblemente, en lo que concierne al diseño de vías o carreteras, el propósito principal, además de facilitar la movilidad y el transporte, es proporcionar seguridad y confort a quienes las utilizan. Para lograr estos objetivos, es esencial considerar varios aspectos que tienen un impacto significativo en el flujo del tráfico. (Solis, 2022).

La inseguridad vial es un tema de interés para la sociedad, por sus implicaciones y consecuencias en cuanto al costo social, económico y en la salud pública. Los accidentes de tráfico resultan en tasas de mortalidad superiores a otras causas de muerte no natural. Además de las numerosas personas heridas, esto afecta especialmente a los países en desarrollo. También se debe considerar el impacto psicológico en las víctimas directas de los accidentes, así como las consecuencias económicas derivadas de los costos médicos y las indemnizaciones para las familias afectadas. (Suly Patricia Castro Molinares, 2021)

La situación de seguridad vial en Ecuador es especialmente preocupante en comparación con el promedio en América. En 2020, el 31% de las víctimas fatales usaban motocicletas, el 15% automóviles, el 9% camionetas, otro 9% camiones y el 5% autobuses, según datos de la ANT. En ese mismo año, Ecuador registró un total de 16.972 accidentes de tráfico, con un saldo de 14.690 víctimas, que incluyen personas gravemente heridas (13.099) y fallecidos en el lugar del accidente

(1.591), según la información publicada en el portal web de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT). (ANT, 2021).

En Costa Rica, los accidentes viales son la tercera causa de muertes violentas y la principal para hombres jóvenes de 20 a 29 años. En 15 años (2004-2018), más de diez mil personas murieron en accidentes y muchas resultaron heridas. La tasa de mortalidad ha superado 12 por cada cien mil habitantes, alcanzando picos de 17.85 en 2008 y 17.57 en 2016. La mayoría de las víctimas son hombres, planteando cuestionamientos sobre roles de género. (Stéfanov, 2019).

En un estudio realizado en El cantón de Pedernales se concluye que enfrenta problemas de congestión vial debido a un alto número de vehículos en relación con su población. Las carreteras carecen de señalización efectiva, y muchos accidentes ocurren por el incumplimiento de señales de tráfico en mal estado. Se propone mejorar la señalización en puntos clave y clasificar ciertas carreteras para un mejor diseño y mantenimiento. (González, Cevallos, & Hernández, 2023)

Se llevó a cabo una investigación en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, para analizar la relación entre la señalización horizontal y la seguridad vial. El objetivo principal consistió en evaluar cómo la señalización horizontal influye en la seguridad de la comunidad politécnica y los conductores que circulan en la zona. La finalidad primordial era desarrollar una estrategia técnica para abordar los problemas de seguridad vial, con la aspiración de que esta estrategia pudiese servir como modelo para la sociedad en general.

El análisis se centró en cuantificar el impacto de la señalización horizontal en la seguridad de las personas tanto dentro del campus politécnico como en las vías adyacentes. La propuesta tenía como objetivo mejorar la movilidad y, por ende, la calidad de vida de todos los involucrados mediante la reducción de incidentes relacionados con la seguridad vial. (Alexandra Patricia Guerrero Godoy, 2019)

### **2.3 Antecedentes Conceptuales y referenciales**

Seguridad vial comprende todos los procedimientos y medidas que contribuyen a asegurar el adecuado desenvolvimiento del tráfico, mediante el uso de normativas y pautas de comportamiento, aplicables tanto a peatones como a conductores y pasajeros. Su objetivo

primordial es garantizar un uso seguro de las vías públicas y prevenir accidentes de tráfico. (Jenny Margoth Villamarín Padilla, 2019)

La calzada se refiere a la parte de la carretera designada para el tráfico regular de vehículos. En carreteras de dos carriles con tráfico en ambas direcciones, el ancho de la calzada se calcula sumando los anchos de esos dos carriles. (INVIAS, 2020)

Los sectores críticos se caracterizan por factores como geometría deficiente, pendientes pronunciadas o curvas cerradas, y la presencia de carriles estrechos y bermas angostas. Cuando la demanda de tráfico es alta en una determinada sección de la carretera, estos sectores tienden a experimentar congestión primero. Además, pueden ser puntos de atracción para el tráfico debido a la presencia de escuelas, colegios, centros comerciales y otros atractores de tráfico. (INVIAS, 2020). Las condiciones de control se relacionan con los dispositivos empleados para regular el tráfico, tales como semáforos (involucrando aspectos como las fases, duración del ciclo, distribución de tiempos de luz verde, etc.), señales restrictivas (alto y ceda el paso, restricciones en el uso de carriles, ya sea para estacionamiento o movimientos direccionales exclusivos por carril) y límites de velocidad. (Eunices Soler Sánchez, 2022)

Las características de la infraestructura vial comprenden los aspectos físicos de la carretera o calle, que pueden variar en términos de flujo continuo o intermitente, control de accesos, número de carriles y otros atributos. También incluye detalles sobre el entorno circundante, las dimensiones geométricas (ancho de los carriles, espacios adicionales, obstrucciones laterales, velocidad planificada, restricciones para adelantar y las particularidades de tramos rectos y curvos), así como las condiciones del terreno donde se ubica la infraestructura. Las condiciones del tráfico hacen referencia a la distribución del flujo vehicular en el tiempo y el espacio, abarcando aspectos como la composición vehicular en términos de tipos y cantidad de vehículos. (Eunices Soler Sánchez, 2022)

La Capacidad de una carretera de dos carriles se define como el número máximo de vehículos que pueden circular en ambos sentidos durante un período determinado, considerando las condiciones de la vía y el tráfico. Esta medida se expresa en vehículos por hora y puede variar según la duración del período de medición. Es importante destacar que la Capacidad no debe confundirse con el volumen máximo instantáneo, ya que depende de factores como la composición vehicular, la velocidad y las condiciones atmosféricas. Cuando la demanda se acerca a la Capacidad, puede

causar congestión y reducir la velocidad del tráfico, lo que es peligroso. En Ecuador, rara vez se alcanza la Capacidad en carreteras de dos carriles, y antes de llegar a ese punto, se buscan alternativas debido a la deficiente calidad del servicio. El cálculo de la Capacidad parte de un valor máximo en condiciones ideales y disminuye a medida que las condiciones reales se desvían de estas, considerando restricciones geométricas, de tránsito y ambientales. (INVIAS, 2020)

En el análisis del tráfico en una infraestructura vial, es fundamental evaluar cómo los usuarios perciben la calidad de su experiencia, considerando aspectos como la comodidad, la seguridad, la eficiencia y la fluidez del tráfico. Para llevar a cabo esta evaluación, se emplean los Niveles de Servicio, que constituyen medidas cualitativas del desempeño de una infraestructura vial. De esta manera, es posible estimar el nivel de servicio tanto para secciones de carreteras, autopistas, vías de múltiples carriles, arterias viales, como para elementos de conexión como entradas, salidas, intersecciones, y sistemas viarios en su conjunto. (Ana María Pérez Zuriaga, 2018)

Pueden considerarse 6 niveles de servicio:

- A: circulación fluida
- B: circulación estable a alta velocidad
- C: circulación estable
- D: circulación casi inestable
- E: circulación inestable
- F: circulación forzada

Para calcular la capacidad de una carretera convencional, a menudo se recurre al manual de referencia "Highway Capacity Manual" (HCM) del Transportation Research Board de Estados Unidos. Este manual se basa en ciertas condiciones específicas de la carretera como referencia, que incluyen: (Ana María Pérez Zuriaga, 2018)

- Una circulación ininterrumpida, sin semáforos ni glorietas.
- Un flujo de tráfico equilibrado, con un 50% de vehículos en cada sentido de circulación.
- Limitación a vehículos ligeros exclusivamente.
- Carriles con un ancho igual o superior a 3.6 metros.
- Arcenes con un ancho igual o superior a 1.8 metros.
- Un perfil longitudinal de la carretera que sea plano.

- La posibilidad de adelantamiento en todo el tramo.

Bajo estas condiciones de referencia, la capacidad se establece en 1.700 vehículos ligeros por carril. Sin embargo, si la carretera bajo estudio presenta características diferentes a estas, es necesario aplicar factores de ajuste que consideren las variaciones tanto en la carretera como en las condiciones del tráfico. Estos factores de ajuste permiten adaptar la capacidad estimada a las condiciones específicas de la carretera y su tráfico. (Ana María Pérez Zuriaga, 2018)

Niveles de seguridad en la infraestructura se refieren a los indicadores que evalúan y cuantifican la calidad del servicio proporcionado por una carretera. Estos indicadores son específicos para cada vía y están sujetos a factores técnicos y económicos, con el objetivo general de satisfacer al usuario en términos de comodidad, oportunidad, seguridad y economía, al tiempo que se utilizan eficientemente los recursos disponibles. En el contexto de la conservación vial basada en niveles de servicio, las actividades se enfocan en mantener la carretera dentro de los estándares aceptables, y el criterio de pago se basa en el cumplimiento de estos estándares de calidad. (Carlos Magno Chávarry Vallejos, 2020)

Existen dos enfoques principales para evaluar un pavimento: la evaluación funcional, que se relaciona directamente con la comodidad del usuario al circular por una carretera pavimentada, y la evaluación estructural, que se enfoca en la capacidad de resistencia del pavimento ante las cargas de los vehículos. La evaluación funcional se centra en identificar deficiencias en la regularidad de la superficie y su estado general, garantizando condiciones seguras y cómodas para los conductores. En contraste, la evaluación estructural se enfoca en determinar la capacidad de resistencia de los componentes de la estructura vial, que incluyen la subrasante, subbase, base y capa asfáltica. (Sleyther Arturo De La Cruz Vega, 2022)

El Índice de Serviciabilidad de Pavimento (PSI) tiene como finalidad medir el nivel de comodidad y seguridad que ofrece un pavimento para el desplazamiento habitual de los vehículos. Este índice se califica en una escala del 0 al 5, donde 0 indica un pavimento en pésimas condiciones, mientras que 5 representa un pavimento en excelentes condiciones. (Sleyther Arturo De La Cruz Vega, 2022)

El modelo propuesto por el Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual o HCM) se fundamenta en la determinación de la Velocidad de Flujo Libre (VFL). El HCM

considera la VFL como una variable influenciada por diversos factores que varían según la ubicación estudiada. Esto explica por qué los valores de VFL, obtenidos mediante el método HCM, pueden fluctuar debido a estas variables no cuantificables. Estos factores incluyen las características geométricas de la carretera, que afectan la decisión de velocidad del conductor, el comportamiento humano y, incluso, la cultura de la ciudad donde se realiza el análisis. (Fabián Carpio, 2018)

Un dispositivo de control de tránsito es cualquier elemento, ya sea una señal horizontal, vertical, un semáforo u otro, instalado por una autoridad pública con jurisdicción. Su finalidad es regular, prevenir o guiar a los usuarios de la vía. La señalización, por su parte, se refiere a símbolos, palabras o marcas, tanto en el pavimento como en señales verticales, que se utilizan para dirigir el flujo de vehículos y peatones en la vía. Las señales deben ser instaladas en el lado derecho de las vías. (INEN, 2011). Las señales de tránsito tienen como objetivo principal garantizar un movimiento seguro y ordenado en las vías. Cada señal proporciona instrucciones específicas, como indicaciones de rutas, prohibiciones y límites de velocidad. Es fundamental que todos los usuarios respeten estas señales para evitar accidentes y mantener la circulación segura. Reconocerlas es esencial, ya que alertan sobre áreas de alto riesgo y marcan límites de velocidad, como 50 km/h en áreas urbanas y 100 km/h en autopistas, que deben ser estrictamente obedecidos. (Marco Javier Flores Calero, 2018)

### **Clasificación de señales y sus funciones.**

Señales regulatorias (Código R). Regulan el movimiento del tránsito e indican cuando se aplica un requerimiento legal, la falta del cumplimiento de sus instrucciones constituye una infracción de tránsito.

Señales preventivas (Código P). Advierten a los usuarios de las vías, sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía o sectores adyacentes a la misma.

Señales de información (Código I). Informan a los usuarios de la vía de las direcciones, distancias, destinos, rutas, ubicación de servicios y puntos de interés turístico.

Señales especiales delineadoras (Código D). Delinean al tránsito que se aproxima a un lugar con cambio brusco (ancho, altura y dirección) de la vía, o la presencia de una obstrucción en la misma.

Señales para trabajos en la vía y propósitos especiales (Código T). Advierten, informan y guían a los usuarios viales a transitar con seguridad sitios de trabajos en las vías y aceras además para alertar sobre otras condiciones temporales y peligrosas que podrían causar daños a los usuarios viales. (INEN, 2011)

**El pavimento asfáltico**, también denominado mezcla asfáltica en caliente, se configura como un tipo de superficie vial compuesta por la combinación de agregados minerales, tales como piedra triturada, grava y arena, que constituyen una parte significativa tanto en volumen como en peso de la mezcla. (Shakhan, 2022) Este material se fusiona con un aglutinante de asfalto caliente. Posteriormente, la mezcla se dispone en capas y se compacta con el fin de originar una superficie uniforme. Este tipo de pavimento encuentra aplicación común en carreteras, autopistas, estacionamientos y accesos vehiculares.

En la ingeniería vial contemporánea, el pavimento asfáltico ocupa una posición predominante gracias a su rentabilidad, facilidad de instalación y resistencia sobresaliente al desgaste. Su característica flexibilidad permite adaptarse a las variaciones de temperatura, minimizando así el riesgo de fisuras. No obstante, su durabilidad puede no equipararse a la del concreto, y podría demandar un mantenimiento más frecuente a lo largo de su vida útil. Es esencial someter los materiales destinados a la base y subbase a rigurosas pruebas para garantizar altos niveles de resistencia, baja deformabilidad y una capacidad de expansión limitada.

Defectos habituales en el pavimento:

Los materiales empleados en el pavimento, sometidos a ciclos repetidos de carga y a condiciones cambiantes del entorno, tienden a experimentar un deterioro progresivo en cuanto a su integridad estructural a lo largo del tiempo.

Esta degradación del pavimento se manifiesta a través de diversas fallas que impactan la capacidad de conducción y la seguridad de los ocupantes del vehículo (Nithin Sudarsanan, 2022). Algunos de los problemas más frecuentes que se pueden observar en el pavimento de asfalto incluyen:

- Grietas por fatiga: Esta es la forma más común de falla en el pavimento de asfalto, manifestada por pequeñas grietas interconectadas que se desarrollan en la superficie debido a la carga repetida del tráfico. Estas grietas suelen encontrarse en áreas con un alto volumen de tráfico o presencia de vehículos pesados. (Nithin Sudarsanan, 2022)

- Grietas en bloque: Se caracterizan por formarse en grandes áreas rectangulares en la superficie del pavimento, y su origen suele estar relacionado con una construcción deficiente o una falla en la base.

- Desmoronamiento: Se refiere a la pérdida de agregado en la superficie del pavimento debido a una compactación deficiente, construcción inadecuada o el uso de una mezcla asfáltica inapropiada.

- Piel de cocodrilo: Este tipo de falla se identifica por grietas interconectadas que visualmente recuerdan a la piel de un reptil. Su aparición resulta de una combinación de factores, incluyendo tráfico pesado, drenaje insuficiente y soporte de base inadecuado.

- Hundimientos: Se producen cuando la superficie del pavimento desarrolla depresiones o canales longitudinales, resultado del tráfico pesado y un drenaje insuficiente.

- Deterioro de los bordes: Este problema implica la ruptura del pavimento en los bordes de la carretera, ocasionada por el tráfico pesado, drenaje deficiente y construcción inadecuada.

- Huecos: Estos se forman cuando la superficie de asfalto se daña por la infiltración de agua y el tráfico pesado. Constituyen riesgos para vehículos y peatones, y generalmente se reparan mediante el relleno con un material adecuado.

- Empuje: Este fenómeno implica la formación de crestas transversales u ondulaciones en la superficie del pavimento, generado por una compactación desigual o expansión térmica.

## CAPITULO III

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Tipo de investigación**

##### **3.1.1 Exploratoria**

Este enfoque de investigación se emplea con el propósito de recopilar información crucial antes de definir la extensión de la zona de estudio en relación con el tema específico a abordar. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis exhaustivo que implica la formulación de hipótesis, con el objetivo de obtener resultados más detallados y llegar a conclusiones fundamentadas y precisas.

##### **3.1.2 Descriptiva**

Este estudio detallará los elementos fundamentales destinados al análisis, destacando aspectos cruciales como la clasificación de vehículos, sus respectivas velocidades y otras propiedades esenciales. Estas características se identifican como requisitos indispensables para el desarrollo continuo de la investigación.

##### **3.1.3 De campo**

Tras llevar a cabo las observaciones correspondientes en el sitio de estudio, se tiene la intención de proceder con trabajos de campo analizando el estado actual de la capa de rodadura, TPDA con clasificación vehicular, aforo de velocidades, índice del estado actual de las señales verticales y horizontales de la vía Limón.

##### **3.1.4 Explicativa**

Facilitará una comprensión completa y equilibrada del análisis a través de los resultados obtenidos durante las actividades de campo, lo que posibilitará la verificación de las hipótesis formuladas.

#### **3.2 Objeto de estudio**

Machala, asentada en la región suroeste del país, funge como la sede provincial de El Oro. De acuerdo con el censo de 2010 llevado a cabo por el INEC, la población de la ciudad se estima

en aproximadamente 245,972 habitantes, presentando una distribución de género prácticamente equilibrada, con 123,024 hombres (50.02%) y 122,948 mujeres (49.98%). Reconocida como la cuarta ciudad más destacada de Ecuador y la más habitada en la provincia de El Oro, Machala se erige como el epicentro de actividades administrativas, económicas, financieras y comerciales.

La extensión territorial de Machala abarca alrededor de 37,275.24 hectáreas y se subdivide en siete parroquias urbanas: La Providencia, Puerto Bolívar, Jambelí, Jubones, Machala, 9 de mayo y El Cambio; además de una parroquia rural denominada El Retiro. Estos datos subrayan su posición central como un centro neurálgico en la región, destacando su relevancia demográfica y su papel preeminente dentro de la dinámica provincial. (Alcaldía de Machala, 2022). Este trabajo tiene como objetivo llevar a cabo un análisis acerca de evaluar la seguridad vial en la vía Limón de Machala, abarcando un tramo específico.

### **3.3 Descripción de la población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Con el propósito de realizar este análisis, se ha tomado en cuenta la totalidad de la red de carreteras que conforma el área urbana de Machala como el conjunto poblacional objetivo. Este sistema vial, con una extensión de 725.23 kilómetros, se ha clasificado según su tipo, estado, longitud y las características específicas de la calzada, obteniendo dicha información de la Empresa Pública de Movilidad Machala.

#### **3.4 Muestra**

La representación de la muestra en este estudio se configura como el tramo de la Vía Limón y su intersección 1era Avenida entre los dos principales atractores de tráfico de la vía, el colegio 16 de junio y el Mercado mayorista y minorista de la ciudad de Machala, la cual abarca una distancia aproximada de 200 metros, tal como se evidencia en la figura número 5, la cual ha sido capturada mediante Google Earth.

**Figura 6:** Medición del segmento de carretera objeto de análisis.



**Fuente:** Elaborado por el autor desde Google Earth.

### 3.4 Métodos teóricos con materiales utilizados

#### 3.4.1 Estudio de tráfico

El estudio de tráfico tiene como objetivo lo siguiente:

- Determinar el tráfico promedio diario anual TPDA.
- Clasificar la vía de acuerdo con la MTOP

#### Clasificación de los vehículos

El INV (Instituto Nacional de Vías) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan en el país:

A = Vehículos livianos

B = Buses

C = Camiones. I

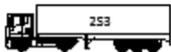
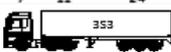
Además, ha clasificado el tipo de vehículo de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en la Figura 6.

### 3.4.2 Clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes.

#### Carga máxima legal

La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño trae como consecuencia un amplio espectro de ejes de carga, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura.

**Figura 7:** Tipo de vehículos

Tipo de vehículo		Descripción
Livianos	Motocicletas Taxis y autos Busetas	
Buses	Bus	
Camiones livianos	2DA	
Camiones pesados	2DB	
	3A	
	2S3	
	3S3	

### 3.4.4 Determinación del tránsito existente

La información necesaria para cuantificar el tránsito existente de una vía se debe recolectar con base en los procedimientos de la Ingeniería de Tránsito. La información que se requiere es la siguiente:

- El tránsito promedio diario semanal (TPDS)

- Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados.

El TPD se halla efectuando un conteo, durante una semana, de todos los vehículos que pasan por la carretera objeto del estudio. Teniendo en cuenta que el tránsito en general presenta variaciones mensuales y estacionales, es necesario hacer una cuidadosa elección de la semana de aforo.

El tránsito total registrado se divide por los seis días del conteo obteniéndose el TPDS, el cual debe discriminarse en vehículos livianos y comerciales. Estos últimos son los que realmente se tienen en cuenta para el diseño de un pavimento.

### 3.4.4 Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual

#### Conteo volumétrico de tráfico

Se llevó a cabo un conteo de tráfico en un punto de estación durante los días 13 al 18 de noviembre, de manera diaria, en un intervalo de 11 horas (desde las 07:00 a.m. hasta las 18:00 p.m.), mediante el método manual. Ver tabla 8

#### Cálculo del TPD

**Tabla 8:** resultados de los datos del conteo para el TPD.

<b>DATOS DE CONTEO</b>		
<b>FECHA DE CONTEO</b>	<b>DIA DE LA SEMANA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>13/11/23</b>	Lunes	3712
<b>14/11/23</b>	Martes	3239
<b>15/11/23</b>	Miércoles	3039
<b>16/11/23</b>	Jueves	3252
<b>17/11/23</b>	Viernes	3426
<b>18/11/23</b>	Sábado	3338
<b>TOTAL</b>		<b>20006</b>

**Fuente:** autor

$$TPD = \frac{\#Total\ de\ vehiculos}{\#\ de\ dias\ de\ conteo} = \frac{20006}{6}$$

$$TPD = 3334.33$$

### Cálculo de tráfico promedio diario semanal

$$TPDS = \frac{5}{7} * \sum \frac{D_n}{m} + \frac{2}{7} * \sum \frac{D_e}{m}$$

donde

$TPDS =$  *tráfico promedio diario semanal*

$D_n =$  *Días normales (luneas a viernes)*

$D_e =$  *Días feriados (sabados y domingos)*

$$TPDS = 2858\ vehiculos$$

### Factor de ajuste mensual

El factor de ajuste mensual proporcionado por MTOP es de:

$$Fm(noviembre) = 0.953$$

### Factor de ajuste diario

El factor de ajuste diario lo obtenemos en función del conteo de tráfico.

$$Fd = \frac{TPDS}{TD}$$

**Tabla 9:** Factor de ajuste diario.

<b>DIA DE LA SEMANA</b>	<b>TD (veh/día)</b>	<b>FACTOR DIARIO</b>
Lunes	3712	0,899
Martes	3239	1,031
Miércoles	3039	1,098
Jueves	3252	1,026
Viernes	3426	0,974
Sábado	3338	1,000
<b>TOTAL</b>	<b>20006</b>	<b>1,005</b>

**Fuente:** autor

Para el cálculo del TPDA debemos realizar la multiplicación del TPDS \* el factor mensual (Fm) \* Factor diario (Fd).

$$TPDA = TPDS * F_m * F_d$$

$$TPDA = 2737 \text{ vehiculos}$$

Con la siguiente tabla MTOP clasifica la vía en función del TPDA:

**Tabla 10:** clasificación de la vía

<b>FUNCION</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>TPDA ESPERADO</b>
<b>CORREDOR ARTERIAL</b>	R I o R II	> 8000
	I	3000 - 8000
	II	1000 - 3000
<b>COLECTORAS</b>	III	300 - 1000
	IV	100 - 300
<b>VECINAL</b>	V	< 100

La vía se clasifica como Corredor Arterial de categoría II

### 3.5 Métodos empíricos con los materiales utilizados

#### 3.5.1 Estudio de velocidades promedio de circulación

En el análisis de la velocidad promedio de los vehículos transitados, se empleó el siguiente procedimiento basado en marcas viales. Este enfoque implica trazar una línea en el área bajo estudio a una distancia predefinida. Con la colaboración de un observador y un cronómetro, se registra el tiempo que tarda un vehículo en desplazarse desde un punto hasta otro, anotando estos datos para el cálculo correspondiente.

Para la recopilación de datos, se seleccionó una distancia de 50 metros, partiendo en la marca A en la vía Limón hasta la intersección de la calle 1era Avenida 20 m más adelante marca B, ver figura 7. Una vez establecidos estos puntos, se procedió a registrar el tiempo que lleva a un vehículo movilizarse entre ellos, permitiendo así el cálculo de la velocidad promedio obtenida en el campo.

En este registro específico, se optó por analizar vehículos livianos, dado el constante tráfico de este tipo de vehículos y motocicletas en la vía seleccionada, además fue desestimada la hora pico puesto que las velocidades se reducen a casi la mitad, siendo muy difícil la determinación de la velocidad promedio en este tramo es por eso que el aforo de velocidades fue realizado en un lapso de tiempo de 15h00 a 17h00.

Velocidad es la relación existente entre el espacio y el tiempo que se tarde recorrerlo. Se expresa mediante la fórmula:

$$V = \frac{e}{t}$$

Dónde:

$V$  = Velocidad (Km/h), (m/s), etc.

$e$  = espacio (m), (Km), etc.

$t$  = tiempo (s), (h), etc.

**Figura 8:** tramo de 50 m para el estudio de velocidades de la vía limón.



**Fuente:** el autor

**Tabla 11:** Velocidad promedio de circulación en la vía

Tipo	Muestra	Tiempo	Velocidades (Km/h)	Velocidad Promedio (Km/h)
Vehículo liviano	1	7,24	24,86	35,18
	2	3,33	54,05	
	3	4,49	40,09	
	4	4,98	36,14	
	5	4,77	37,74	
	6	6,02	29,9	
	7	5,36	33,58	
	8	7,21	24,97	
	9	3,15	57,14	
	10	4,79	37,58	
	11	5,55	32,43	
	12	7,08	25,42	
	13	5,91	30,46	
	14	4,39	41	
	15	4,88	36,89	
	16	4,67	38,54	
	17	5,89	30,56	
	18	5,24	34,35	

	19	7,06	25,5	
	20	5,5	32,73	
	21	4,69	38,38	
	22	6,62	27,19	
	23	5,53	32,55	
	24	4,11	43,8	
	25	4,56	39,47	
	26	4,36	41,28	
	27	5,5	32,73	
	28	4,9	36,73	
	29	6,6	27,27	
	30	2,88	62,5	
	31	4,39	41	
	32	7	25,71	
	33	6,17	29,17	
	34	8	22,5	
	35	5,7	31,58	
	36	5,9	30,51	
	37	7,32	24,59	
	38	6,46	27,86	
	39	5,62	32,03	
	40	4,44	40,54	
	41	5,3	33,96	
	42	7,15	25,17	
	43	3,49	51,58	
	44	4,25	42,35	
	45	6,3	28,57	
	46	4,2	42,86	
	47	5,3	33,96	
	48	6,77	26,59	
	49	3,1	58,06	
	50	4,06	44,33	
	Velocidad promedio de circulación			<b>36</b>

**Fuente:** autor

Como consecuencia del análisis, se logró determinar una velocidad promedio de 36 kilómetros por hora. Es relevante considerar que esta vía experimenta un alto flujo vehicular, especialmente en el punto de análisis, donde la velocidad tiende a disminuir debido a las entradas y salidas de vehículos hacia los dos principales puntos de atracción de tráfico en la zona.

### 3.5.2 Evaluación de la señal vertical y Horizontal

En la evaluación de la señalización vertical y horizontal, se implementó el Método de Índice de Estado de Señalización (IES), concebido por el Profesor Cubano Dr. Ing. Díaz Eduardo, y ajustado conforme al Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN "Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical y Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal ". El análisis detallado de la vía se llevó a cabo en la totalidad de la vía que abarcan 2,3 km.

La evaluación de la señalización vertical se inició mediante la aplicación del método analítico del Índice de Estado de Señalización Vertical (IES), llevándose a cabo en todos los tramos en el orden previamente descrito. Este enfoque permitió identificar diversos tipos de deterioros potenciales, tales como problemas de visibilidad, posición, forma, decoloración, desgaste, suciedad y retrorreflexión. Cada señal evaluada fue asignada a un grupo específico, correspondiente a su categoría.

En el análisis de la visibilidad, el evaluador se situó a 60 metros antes de la señal y a una distancia de 2 metros del borde de la calzada hacia el centro de la vía. El método IES establece rangos para evaluar la visibilidad, los cuales son:

**Tabla 12:** Visibilidad de la señal

<b>Visibilidad de la señal</b>	
Visibilidad de la señal	Visibilidad de la señal
Excelente	10
Regular	6
Mala	2

En relación con la evaluación de la posición, se implementó un procedimiento que implicaba la colocación de una plomada a una altura de 1 metro, medida desde la base del letrero. Posteriormente, se registró la desviación horizontal entre la plomada y el pedestal. Cabe destacar que se establecieron rangos específicos para la evaluación de la posición, los cuales son:

**Tabla 13:** Posición de la señal

<b>Posición de la señal</b>		
Posición de la señal	Desplazamiento de la vertical (cm)	Índice de Estado (IE), puntos
Correcta	0 – 6	10
Bien	7 – 14	7
Regular	15 – 19	4
Mala	Mayor de 20	2

En el análisis de la forma, se empleó una regla de un metro de longitud que fue posicionada sobre el tablero con el propósito de identificar posibles hundimientos, alabeos en los bordes o esquinas, entre otros. La deformación se determinó midiendo bajo la regla, siguiendo parámetros específicos establecidos para esta evaluación que son:

**Tabla 14:** Forma de la señal

<b>Forma de la señal</b>	
Deformación de la señal (cm)	Índice de Estado (IE), puntos
0 – 3	10
4 – 6	6
7 – 9	4
Mayor de 10	2

En la evaluación de la decoloración, se considera la pérdida de color en la placa. La determinación de este aspecto se basa en el juicio del evaluador, quien sigue el siguiente criterio para establecer el nivel de decoloración:

**Tabla 15:** Decoloración de la señal

<b>Decoloración de la señal</b>	
Decoloración	Índice de Estado (IE), puntos
Nula	10
Regular	6
Elevada	2

En el proceso de evaluación del desgaste, se examinó la presencia de fallas, descomposición, desgaste, raspaduras, oxidación, desprendimiento de la leyenda, entre otros posibles deterioros en la señal. La metodología para valorar estos aspectos se ilustra en la tabla siguiente.

**Tabla 16:** Desgaste de la señal

<b>Desgaste de la señal</b>		
Desgaste de la señal	Área desgastada (%)	Índice de Estado (IE), puntos
Nulo	0 – 10	10
Poco	11 – 30	7
Regular	31 – 59	4
Elevado	Mayor de 60	2

En la evaluación del deterioro por suciedad, se consideró la acumulación de polvo en la señal, afectando la retroreflexión adecuada. Se sugiere un mantenimiento simple y económico que consiste en limpiar el tablero y el pedestal de la señal con agua y un paño. Los parámetros para evaluar este tipo de deterioro son los siguientes:

**Tabla 17:** Suciedad de la señal

<b>Suciedad de la señal</b>	
Suciedad	Índice de Estado (IE), puntos
Nula	10
Regular	6
Elevada	2

La retrorreflexión se refiere a la capacidad de las señales para reflejar la energía luminosa proveniente de los focos de los vehículos de vuelta hacia el conductor. Dado que no se dispone del equipo necesario para medir directamente el haz de luz sobre la señal, conocido como retrorrefleómetro, el proceso se llevó a cabo durante la noche utilizando las luces de un vehículo (motocicleta) para simular la interacción con los focos. La categorización de la retrorreflexión se realizó de acuerdo con los siguientes criterios:

**Tabla 18:** Retrorreflexión de la señal

<b>Retrorreflexión de la señal</b>	
Retrorreflexión	Índice de Estado (IE), puntos
Excelente	10
Regular	6
Poca	2

Posteriormente, se calculó el Índice de Estado de la Señal Vertical (IEV), el cual consiste en el promedio de los 7 tipos de deterioros evaluados en cada señal. En caso de que un deterioro sea calificado con 2 puntos, el resultado del IEV se asigna directamente con esa puntuación, sin realizar un promedio con los otros deterioros.

Luego, tras la agrupación de las señales, se determinó el valor promedio de conservación (PC) en cada grupo, obteniendo así PCI, PCII, PCIII. Finalmente, se calculó el Índice del Estado de Señalización Vertical (IES) en el tramo de la vía evaluada mediante la siguiente fórmula.

$$IES = 0,5 PCI + 0,3 PCII + 0,2 PCIII$$

Se empleó la tabla correspondiente para asignar la calificación al resultado del Índice de Estado de Señalización Vertical (IES) en el tramo de la vía evaluado.

**Tabla 19:** Evaluación de las señales verticales de la vía Limón

N	Grupos			Deterioros							TOTAL	IEv
	I	II	III	Vis.	Pos.	Form.	Dec.	Des.	Sus.	Ret.	Puntos	
1	x			10	9	10	10	10	10	6	65	9,3
2	x			6	4	10	10	10	10	6	56	8,0
3	x			10	10	10	7	7	10	10	64	9,1
4	x			6	2	6	10	10	10	10	54	7,7
Total				32	25	36	37	37	40	32	239	

N	Grupo	IEv	PCI
4	I	34,1	8,54

$$IES = 0,5 (8.54) + 0,3 (0) + 0,2 (0) = 4.27$$

En la evaluación integral de la carretera, se examinó la señalización vertical, y se registró un Índice de Estado de la Señalización (IES) de 4.27, lo que indica una calificación de "MAL" para el tramo en cuestión. Se observó que esta vía carece de la señalización reglamentaria, como se especifica en los grupos 2 y 3 de la evaluación. Esta situación técnica evidencia la deficiencia en la gestión de la seguridad vial en términos de señalización vertical en esta vía.

En lo que corresponde a las señales de tránsito horizontales, hasta la fecha en la que se realizó la visita de campo, no se evidencia la presencia de marcación de carriles, de paso peatonal (cebra), ni de la demarcación correspondiente a las paradas de autobús, en el tramo de 200 m evaluado

## CAPITULO IV

### 4. Análisis e interpretación de Resultados

El tramo de la Vía el Limón, ubicado en el punto neurálgico del tráfico principal, está saturado debido al congestionamiento vehicular que persiste en la zona. La vía, de doble carril y con 9 metros de ancho de pavimento flexible, carece de parterre y cuneta. En la mitad del tramo evaluado, hay bordillos de 13 cm de ancho, pero no hay aceras ni drenaje para desalojar las aguas pluviales, lo que genera incomodidad para los residentes.

Esta avenida es transitada por comerciantes, estudiantes, residentes locales, así como por ciclistas, motociclistas y vehículos pesados, incluyendo autobuses urbanos. Durante las horas pico, el flujo de vehículos aumenta debido a la entrada y salida de comerciantes y clientes del mercado mayorista y minorista, así como de la comunidad educativa del colegio 16 de junio. Esto provoca contaminación ambiental y acústica en la zona residencial.

Se realizó un conteo de tráfico durante 5 días, proporcionando resultados óptimos para la evaluación de la vía. El estudio de las velocidades se llevó a cabo utilizando cinta métrica y cronómetro, midiendo una distancia fija de 50 metros y tomando 50 muestras que incluyeron vehículos y motocicletas. Esto arrojó un promedio de 36 km/h, cumpliendo con las normativas del manual de seguridad vial urbana, que establece velocidades máximas de 50 km/h en zonas urbanas. Sin embargo, debido al alto tráfico, se define una velocidad promedio máxima de entre 20 y 40 km/h.

El análisis de la señalización se realizó mediante el Índice de Estado de Señalización (IES), el cual evalúa el deterioro y conservación de la señalización vial. Durante la evaluación completa de la carretera, se inspeccionó la señalización vertical, y se obtuvo un Índice de Estado de la Señalización (IES) de 4.27, indicando una clasificación de "MAL" para el tramo correspondiente. Se notó la ausencia de señalización reglamentaria en esta vía, tal como se especifica en los grupos 2 y 3 de la evaluación. Esta situación técnica resalta la carencia en la gestión de la seguridad vial en lo que respecta a la señalización vertical de esta carretera.

A continuación, se presentan en una tabla los resultados de todos los estudios realizados en este análisis de diseño.

**Tabla 20:** Resultados de la evaluación realizada

Trafico promedio diario anual	2737 vehículos
Velocidad promedio	36 km/h
Evaluación de la señalización	4.27

**Fuente:** autor

Como solución al problema principal del congestionamiento vehicular en la zona de estudio, particularmente durante las horas pico, se propone una ampliación vial a lo largo de la Vía el Limón. Se sugiere extender la vía hacia el lado del canal conocido como El Macho, lo que permitiría expandirla a 4 carriles.

Para llevar a cabo esta propuesta, se contempla la construcción de un muro en voladizo o cantiléver que sostenga la masa de relleno necesaria para la ampliación de la vía. Esta estructura proporcionaría el soporte necesario para mantener la estabilidad del terreno durante la expansión.

La ampliación vial ofrecería una mayor capacidad de tráfico y contribuiría a reducir la congestión vehicular en la zona, mejorando así la fluidez del tránsito y minimizando los problemas ambientales y acústicos asociados al exceso de vehículos en la zona residencial.

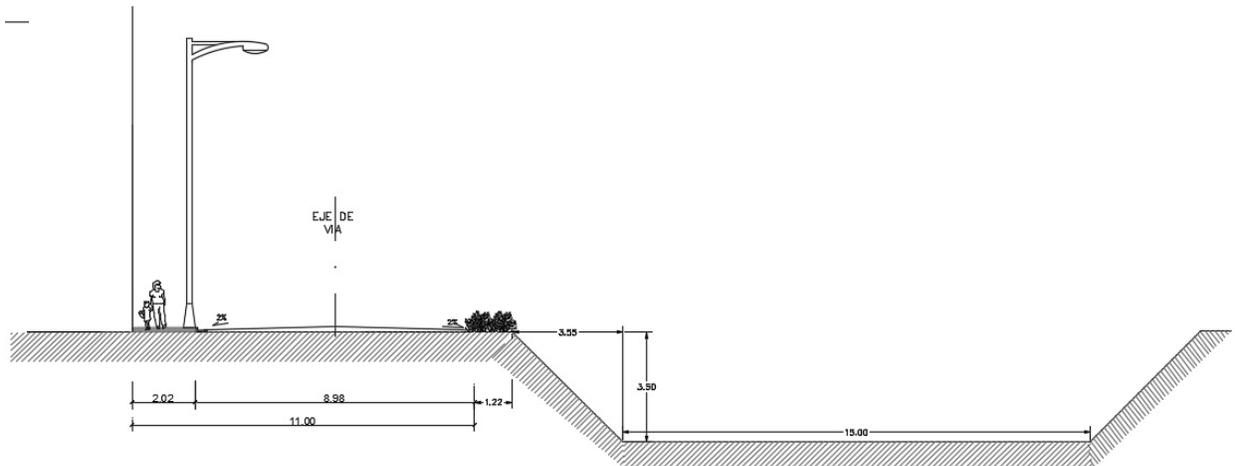
## CAPITULO V

### 5. Propuesta

#### 5.1 Propuesta para la ampliación de la vía Limón

Con base en el trabajo de titulación llevado a cabo por Katty Nathaly Curisaca Quizhpe en 2015, para obtener el título de Ingeniera Civil, donde se abordó el diseño estructural de la capa de rodadura en la Circunvalación Norte desde la vía Limón hasta Buenavista en Machala, El Oro, Ecuador, se obtiene el dato del CBR de diseño necesario para la propuesta de ampliación de la vía Limón que es de 9.62 %. (NATHALY, 2015)

**Figura 9:** estado actual de la vía Limón



**Fuente:** autor

### Memoria de calculo

#### Diseño de pavimento flexible

#### Condiciones iniciales de diseño

Corredor arterial interurbana nueva de primera importancia  
Ejes equivalentes de 8,2 ton: 3260000

**C.B.R de  
diseño:** 9,62 %

**Temperatura:** 24,38 °C

**Días de lluvia:** 108  
**Velocidad promedio:** 50 km/h  
**Calidad de Drenaje:** Regular

**Espesor de capa asfáltica (e):** 100 mm  
construcción nueva  
Pavimento flexible

Estación Meteorológica Granja Sta. Inés UTM (M0292)	
Precipitación	
2013	131
2012	108
2011	85
Promedio:	108

### 1. Determinación de parámetros de confiabilidad

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 - 99.9	80.0 - 99.9
Arterias principales	80.0 - 99.9	75.0 - 95.0
Colectoras	80.0 - 95.0	75.0 - 95.0
Locales	50.0 - 80.0	50.0 - 80.0

Proyecto de pavimento	S <sub>o</sub>	
	Flexible	Rígido
	0.40 - 0.50	0.30 - 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Z <sub>r</sub>	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

R = 85 %  
Z<sub>r</sub> = -1,037  
S<sub>o</sub> = 0,45

### 2. Cálculo del índice de servicio

$$\Delta PSI = P_0 - P_f$$

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,5 = 1,7$$

#### Serviciabilidad inicial

- ✓  $p_0 = 4,5$  para pavimentos rígidos
- ✓  $p_0 = 4,2$  para pavimentos flexibles

#### Serviciabilidad final

- ✓  $p_t = 2,5$  o más para caminos muy importantes
- ✓  $p_t = 2,0$  para caminos de menor tránsito

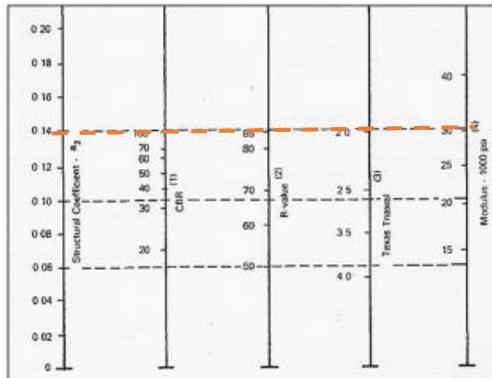
Tipo de vía	Serviciabilidad final
Autopista	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5

### 3. Cálculo del módulo resiliente de la subrasante

$$M_R = 1500 \cdot \text{CBR} \longrightarrow 14430 \text{ psi}$$

### 4. Cálculo del módulo resiliente y el coeficiente estructural de la base y la sub-base

#### Base granular



$$a_2 = 0.249 \cdot \log(E_2) - 0.977$$

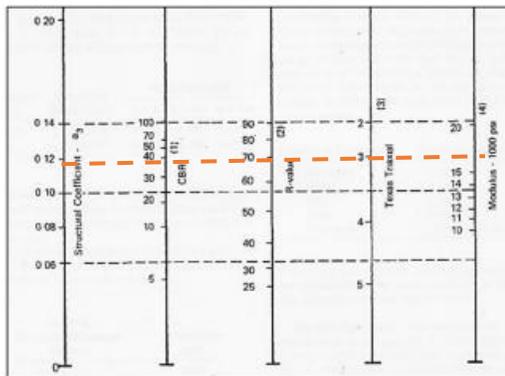
$$\text{CBR}_{BG} = 100\%$$

$$M_{rBG} = 30000 \text{ psi}$$

coeficiente estructural

$$a_2 = 0,138$$

#### Sub-base granular



$$a_3 = 0.227 \cdot \log(E_3) - 0.839$$

$$\text{CBR}_{BG} = 40\%$$

$$M_{rBG} = 17000 \text{ psi}$$

coeficiente estructural

$$a_3 = 0,121$$

### 5. Cálculo del módulo resiliente de la mezcla asfáltica

$$f = v/2\pi$$

$$f = 10$$

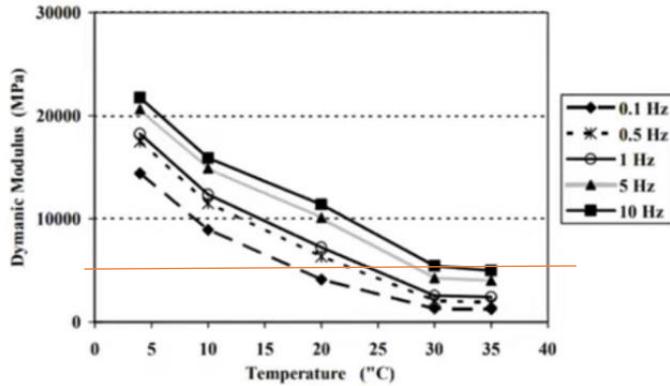
frecuencia de carga

$$T_s := (-0.0093 \cdot T_a^2 + 1.569 \cdot T_a - 1.578) \cdot (-0.084 \cdot \ln(e) + 1.55)$$

$$T_s = 36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Temperatura de la mezcla

## Cálculo del coeficiente estructural



$$M_r = 5000 \text{ Mpa}$$

$$M_r = 725190 \text{ psi}$$

$$a_1 = 0,184 \cdot \ln(M_r) - 1,9547$$

$$a_1 = 0,528$$

## 6. Cálculo de los coeficientes de drenaje

$$\begin{aligned} \text{\% días de lluvia} \\ = 30\% \end{aligned}$$

$$m_2 = m_3 = 0,8$$

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

## 7. Cálculo del número estructural requerido por la capa asfáltica

$$\log(ESAL) = Z_r \cdot S_o + 9.36 \cdot \log(SN_1 + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{\left(0.4 + \frac{1094}{SN_1 + 1}\right)^{5.19}} + 2.32 \cdot \log(MR_{BG}) - 8.07$$

$$\log(3260000) = -1.037 \cdot 0.45 + 9.36 \cdot \log(SN_1 + 1) - 0.20 + \left( \frac{\log\left(\frac{1.7}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \cdot \log(30000) - 8.07$$

$$SN_3 := \text{find}(SN_1) = 2.377$$

$$SN_1 = 2,377$$

### 8. Cálculo del espesor de la capa asfáltica

$$h_1 := \frac{SN_1}{a_1} \quad h_1 = 4 \text{ "}$$

$$SN_1 = 2,377$$

### 9. Cálculo del número estructural requerido por la base granular

$$\log(3260000) = -1.037 \cdot 0.45 + 9.36 \cdot \log(SN_2 + 1) - 0.20 + \left( \frac{\log\left(\frac{1.7}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_2 + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \cdot \log(17000) - 8.07$$

$$SN_2 := \text{find}(SN_2) = 2.96$$

$$SN_2 = 2,96$$

### 10. Cálculo del espesor de la base granular

$$h_2 := \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 \cdot m_2} \quad h_2 = 5 \text{ "}$$

$$SN_2 = 2,929$$

### 11. Cálculo del número estructural requerido por la sub-base granular

$$\log(3260000) = -1.037 \cdot 0.45 + 9.36 \cdot \log(SN_3 + 1) - 0.20 + \left( \frac{\log\left(\frac{1.7}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_3 + 1)^{5.19}}\right)} \right) + 2.32 \cdot \log(14430) - 8.07$$

$$SN_2 := \text{find}(SN_3) = 3.152$$

$$SN_3 = 3,152$$

## 12. Cálculo del espesor de la sub-base granular

$$h_3 := \frac{SN_3 - SN_2}{a_3 \cdot m_3} \quad h_3 = 2 \text{ ''}$$

### Resumiendo

Las condiciones iniciales de diseño para pavimento flexible son:

**Tabla 21:** condiciones iniciales de diseño

Ejes equivalentes de 8,2 ton	3'260.000
CBR de diseño	9.62%
Temperatura	24.38 °C
Días de lluvia	108
Calidad de drenaje	<i>Regular</i>
Espesor de capa asfáltica	110 mm
Velocidad Promedio	50 km/h
Construcción nueva	<i>Pavimento flexible</i>

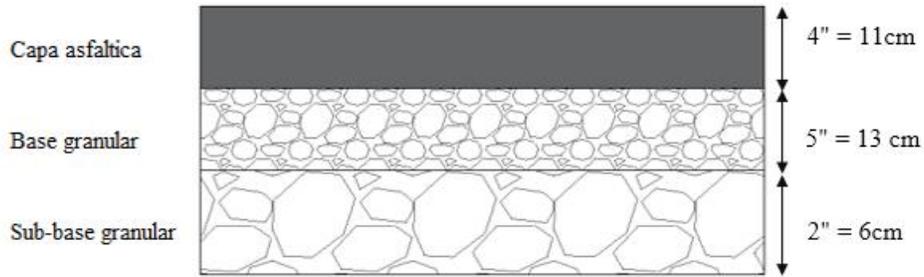
**Fuente:** autor

### Resultados

De acuerdo con lo realizado se determinó los valores estructurales de cada capa los mismos que se verificaron en el software AASHTO 93, se obtuvo espesores de:

- **Capa asfáltica:** 4" equivalente a 11 cm
- **Base granular:** 5" equivalente a 13 cm
- **Subbase granular:** 2" equivalente a 6 cm

**Figura 10:** diseño de los espesores de las capas de un pavimento



**Fuente:** autor

La propuesta de diseño para la ampliación contempla la adición de dos carriles más a los dos ya existentes, con un ancho vehicular de 3.65 metros en cada carril. Esto tiene como objetivo mejorar la circulación en la vía, especialmente en los puntos de mayor afluencia de tráfico. De este modo, se espera mejorar la seguridad vial de manera significativa. En esta vía, el objetivo es mantener velocidades máximas de 50 km/h. Por esta razón, se instalarán señales de límite de velocidad cada 50 metros. Además, en las intersecciones con mayor flujo vehicular, como la cercana al colegio 16 de junio, se implementará señalización específica para una velocidad máxima de 20 km/h.

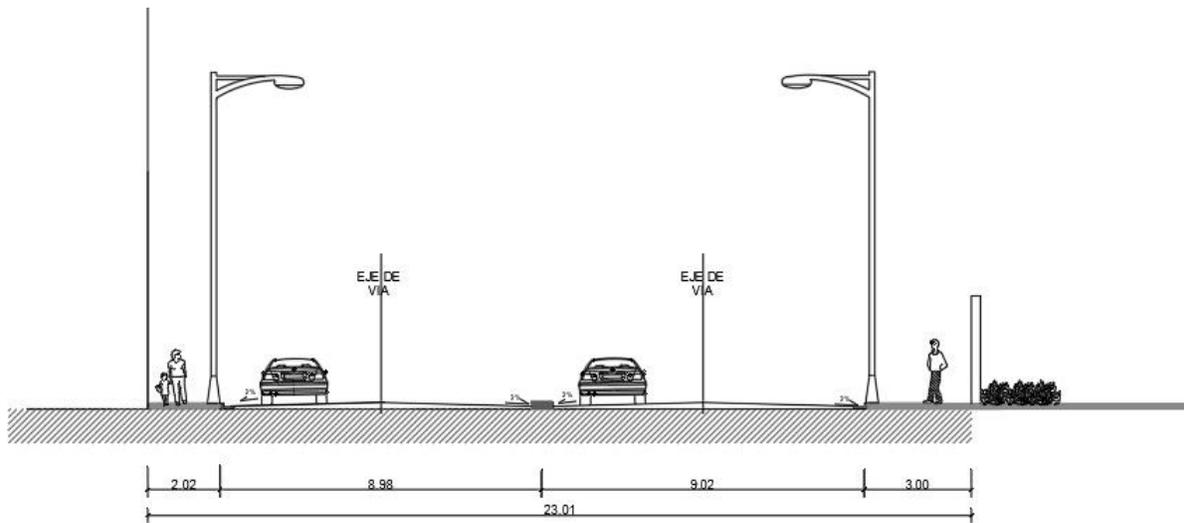
**Figura 11:** estado actual de la vía



**Fuente:** autor

El lado derecho de la vía Limón muestra la presencia del canal El Macho, con un ancho promedio de 15 metros a lo largo de toda la vía. Este espacio proporciona la oportunidad ideal para llevar a cabo la ampliación vial necesaria, sin necesidad de afectar áreas residenciales ni desplazar a los moradores.

**Figura 12:** Propuesta de diseño para la ampliación de la vía limón



**Fuente:** autor

La propuesta de ampliación vial busca el aprovechamiento del ancho del canal sin afectar a los moradores ni la infraestructura residencial que implicará un diseño meticuloso y la colaboración con la comunidad. Utilizar el espacio disponible del canal minimiza la necesidad de desplazamientos y preserva el entorno.

La ampliación de la vía se ejecuta con la implementación de un relleno sostenido por un muro de contención de tierra, conforme a las regulaciones establecidas. Este proceso se basa en un diseño meticuloso que cumple con las normativas pertinentes y se apoya en la investigación previa.

## **5.2 Diseño de muro en voladizo considerando empuje de tierra y sobrecarga vehicular.**

**DATOS:**

$$ALTURA = 5 \text{ m}$$

**SUELO DE RELLENO**

$$\phi = 28^\circ$$

$$\gamma_s = 1.60 \text{ T/m}^3$$

$$c = 0.51 \text{ T/m}^2$$

**SUELO DE CIMENTACIÓN**

$$\phi = 41^\circ$$

$$\gamma_s = 1.92 \text{ T/m}^3$$

$$q_{adm} = 2.84 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\delta = \frac{2*\phi}{3} = \frac{2(41)}{3} = 27.33^\circ \text{ (Ángulo de fricción entre muro y suelo)}$$

$$f = \text{tg} * \delta = 0.52 \text{ (Coeficiente de fricción entre muro y suelo)}$$

**MATERIALES**

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}$$

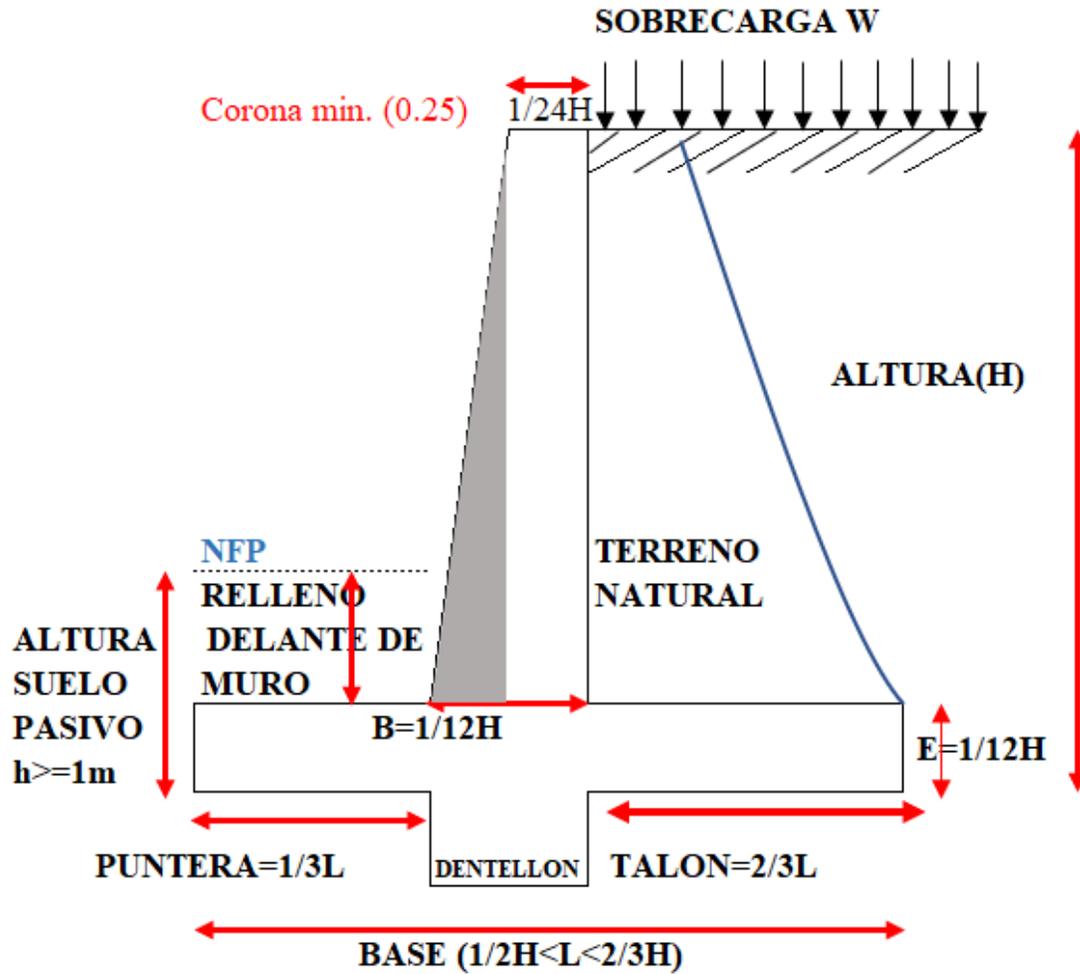
$$\gamma = 2.20 \text{ T/m}^3$$

$$fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

## Predimensionamiento

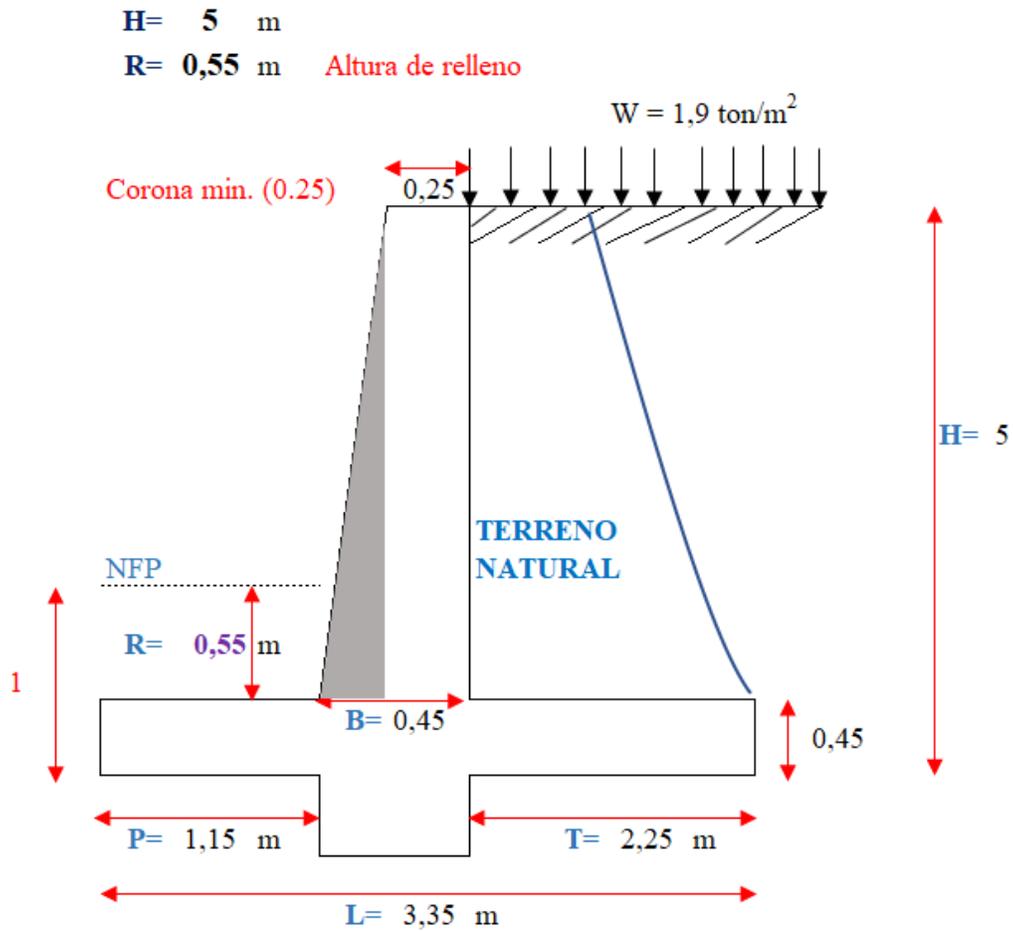
Como se calcula

**Figura 13:** método de cálculo Predimensionamiento para muro de contención en voladizo



Fuente: autor

**Figura 14:** Predimensionamiento de la propuesta del muro de contención en voladizo o cantiliver.



Fuente: autor

EMPUJE ACTIVO

$\phi = 28^\circ$  (ángulo de fricción interna del suelo)

$\beta = 0$  (ángulo que forma la superficie del relleno con la horizontal)

**TEORÍA DE RANKINE**

$$K_a = \cos\beta * \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}$$

$$K_a = 0.361$$

*Carga equivalente por sobrecarga de camión*

$$w = 1.9 T/m^2$$

$$h's = \frac{w}{\gamma_s} = 1.19$$

$$p = \gamma_s \cdot z \cdot K_a - 2c\sqrt{ka}$$

$$p_1 = -0.23 \text{ ton}/m^2$$

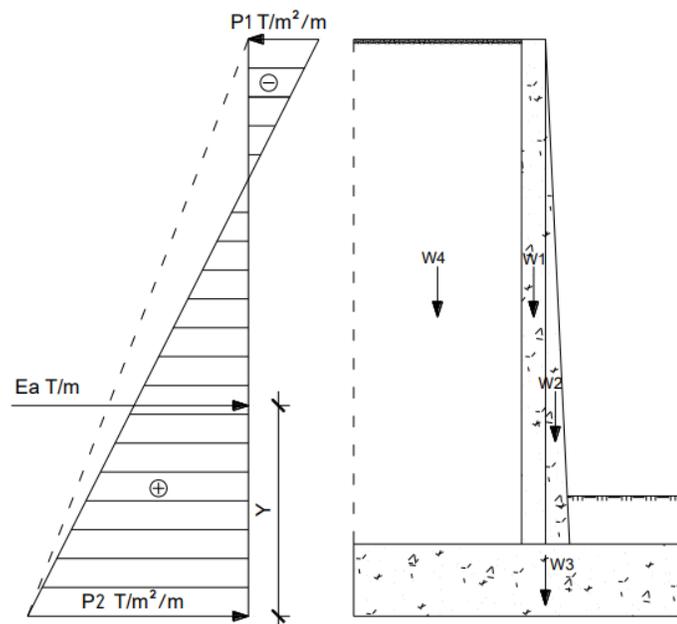
$$p_2 = 3.18 \text{ ton}/m^2$$

$$Ea = (p_1 + p_2) * \frac{H}{2}$$

$$Ea = 8.53 \frac{\text{ton}}{m}$$

Optamos por no incluir de manera conservadora los efectos del empuje pasivo del suelo en nuestras consideraciones.

**Figura 15:** Análisis y diseño de muros de contención



**Fuente:** trabajo de graduación previo a la obtención del título de ingeniero civil de Lucero Pardo Franklin Hernán, 2012.

## Momento por volcamiento

$$Y = 2m$$

$$Mv.A = Ea * Y$$

$$Mv.A = 17.06 \text{ ton.m}$$

Calculo del peso de la estructura para determinar el momento estabilizador

Fig.	Dimensión		A	V	$\gamma$	W= V* $\gamma$	BP	M
	m		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Ton/m <sup>3</sup>	Ton	m	Ton.m
1	0,25	4,55	1,14	1,14	2,4	2,74	1,675	4,58
2	0,2	4,55	0,46	0,46	2,4	1,10	1,28	1,41
3	0,45	3,35	1,51	1,51	2,4	3,62	1,675	6,07
4	2,25	4,55	10,24	10,24	1,6	16,38	2,225	36,45
$\Sigma =$						23,85	Me=	48,52

## Factor de seguridad al volcamiento

$$FsV = \frac{\text{Momento estabilizador}}{\text{Momento de volcamiento}} \geq 1.50$$

$$FsV = \frac{48.52}{17.06} = 2.84 \geq 1.50 \quad \text{ok}$$

La estabilidad contra el vuelco se garantiza mediante el diseño de la estructura, lo que impide que se incline o vuelque de manera peligrosa. En resumen, la configuración de la estructura está diseñada para resistir fuerzas laterales y mantenerse erguida sin riesgo de colapso o vuelco. Este aspecto es fundamental en ingeniería y arquitectura para asegurar la seguridad y la resistencia a lo largo del tiempo de edificaciones y otras estructuras construidas.

## FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

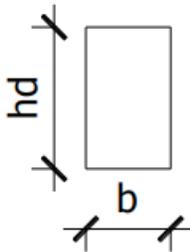
$$F_{sD} = \frac{f * \sum W}{Ea}$$

$$F_{sD} = \frac{0.5 * 23.85}{8.53} = 1.4 < 1.5 \text{ no ok}$$

El diseño actual de la estructura no ofrece garantías de estabilidad contra el deslizamiento, por lo tanto, se planificará la incorporación de un dentellón para aumentar el nivel de seguridad.

### Para evitar el deslizamiento

Diseño del dentellón para cumplir con el factor seguridad al deslizamiento



Donde

$$hd = 1 \text{ m}$$

$$b = 0.45 \text{ m}$$

$$W_{dentellon} = 1\text{m} * 0.45\text{m} * 1\text{m} * 2.4 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

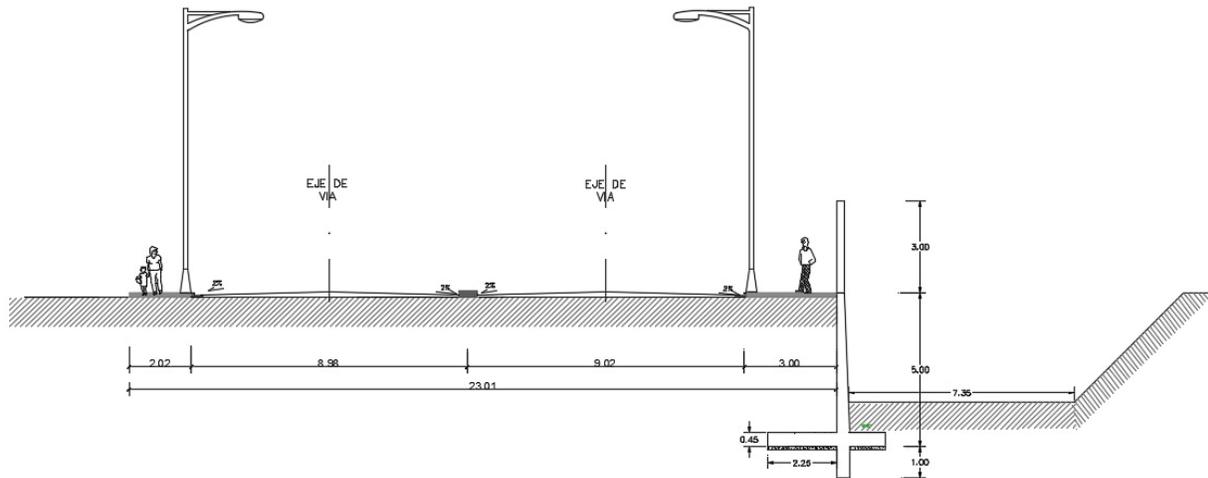
$$W_{dentellon} = 1.08 \text{ ton}$$

$$F_{sD} = \frac{f * \sum W + W_{dentellon}}{Ea}$$

$$F_{sD} = 1.53 > 1.5 \text{ ok}$$

La estructura asegura la estabilidad ante el deslizamiento.

**Figura 16:** propuesta de diseño para muro de contención y ampliación de la vía Limón



**Fuente:** autor

La propuesta incluye la expansión de la vía con la adición de dos carriles más, pero no se limita a ello. Se planea también la creación de un corredor peatonal, convirtiendo la zona en un destino turístico atractivo. Este corredor, diseñado como una acera espaciosa de 3 metros de ancho, brindará a los transeúntes la libertad de circular sin obstrucciones. Además, se implementará una valla liviana de 3 metros de altura a lo largo del canal El Macho para preservar la integridad del suelo y garantizar la seguridad de los peatones. Este diseño no solo mejora la infraestructura vial, sino que también promueve la actividad peatonal y realza el atractivo turístico del área.

La ampliación de la vía estará delimitada por un muro de contención de suelos predimensionado de acuerdo con los estándares de construcción de Ecuador. Este muro estará construido con hormigón de resistencia a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , asegurando así la estabilidad del suelo a lo largo de toda la vía. Se utilizará relleno cuya capacidad admisible del suelo garantice el correcto funcionamiento del muro de contención y de la vía en términos de seguridad vial.

Además, en el marco de esta nueva visión para la vía, se procederá a la adecuada colocación de las señales de tránsito. Previamente evaluadas y encontradas insuficientes para asegurar la seguridad vial, estas señales serán posicionadas de manera efectiva para cumplir con los estándares mínimos requeridos.

La tesis se fundamentó principalmente en la evaluación de la Vía Limón. A medida que realizábamos visitas de campo y de oficina, surgió la propuesta de mejorar esta vía. A lo largo de sus 2.3 kilómetros, hemos observado una escasez notable de señales de tránsito, ausencia de aceras y paradas de autobús, así como limitaciones de velocidad. Por consiguiente, la ampliación de esta vía se presenta como una idea muy beneficiosa. Aunque se ha considerado cambiar el sentido de circulación a una sola dirección, esto empeoraría el flujo de tráfico debido al alto uso de la vía por parte de vehículos pesados.

La implementación de un muro de contención se muestra como una medida esencial para esta propuesta. Otra alternativa sería el embaulamiento del canal para ampliar aún más la vía, sin embargo, hemos optado por la solución del muro de contención.

## CONCLUSIONES

La evaluación del estado actual de la seguridad vial en la vía Limón de la ciudad de Machala ha sido llevada a cabo mediante métodos técnicos. Este análisis exhaustivo ha permitido identificar las causas principales de los accidentes de tráfico en dicha vía. Como resultado, se han propuesto soluciones efectivas para mejorar la seguridad y prevenir futuros accidentes.

Se emplearon metodologías respaldadas por estándares como el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN, la normativa AASHTO y el Manual de Capacidad de Carretera 2000, entre otros, con el objetivo de asegurar la seguridad vial en la vía Limón de la ciudad de Machala. Esta aproximación técnica ha proporcionado datos precisos sobre el estado actual de la vía, incluyendo velocidades promedio, conteo de tráfico y la condición de las señales de tránsito.

La combinación de los resultados del análisis de la señalización vial y del estudio del tráfico durante cinco días proporciona una visión completa del estado y funcionamiento de la carretera evaluada. El Índice de Estado de Señalización (IES) de 4.27, clasificado como "MAL", evidencia una deficiente señalización reglamentaria en la vía, como se especifica en los grupos 2 y 3 de la evaluación. Por otro lado, el análisis del tráfico reveló que, aunque la velocidad promedio de 36 km/h cumple con las normativas urbanas de seguridad vial, el flujo vehicular alto resulta en una velocidad promedio máxima que oscila entre 20 y 40 km/h. Estos hallazgos subrayan la necesidad de mejorar tanto la señalización como la gestión del tráfico en la carretera para garantizar la seguridad vial de los usuarios.

Como solución al congestionamiento vehicular en la zona de estudio, se propone la ampliación de la Vía el Limón a cuatro carriles, extendiéndola hacia el canal El Macho. La construcción de un muro en voladizo o cantiléver sostendría la masa de relleno necesaria para esta expansión, garantizando la estabilidad del terreno. Esta mejora aumentaría la capacidad de tráfico y reduciría la congestión vehicular, mejorando la fluidez del tránsito y mitigando los impactos ambientales y acústicos en la zona residencial.

## RECOMENDACIONES

Considerando la efectividad de los métodos técnicos utilizados en la evaluación de la seguridad vial en la vía Limón, se recomienda implementar programas de monitoreo continuo utilizando tecnología avanzada, como cámaras de vigilancia y sistemas de detección de movimiento. Estos sistemas pueden proporcionar datos en tiempo real sobre el tráfico y la seguridad en la vía, permitiendo una respuesta rápida ante situaciones de riesgo y facilitando la toma de decisiones para prevenir accidentes.

Dado que la evaluación técnica reveló la importancia de cumplir con las normativas de seguridad vial y mantener en buen estado las señales de tránsito, se sugiere establecer programas de mantenimiento periódico de la infraestructura vial, incluyendo la repintura regular de señales horizontales y la reparación o reemplazo de señales verticales deterioradas. Esto garantizará que los conductores y peatones cuenten con la información necesaria para circular de manera segura por la vía Limón.

Con base en el análisis del tráfico y las velocidades promedio obtenidas, se recomienda implementar medidas de gestión del tráfico, como la instalación de semáforos inteligentes o la optimización de los tiempos de los semáforos existentes, especialmente en las zonas de mayor congestión. Además, se sugiere promover el uso de medios de transporte alternativos, como el transporte público y la bicicleta, para reducir la presión sobre la capacidad vial y mejorar la fluidez del tránsito en la vía Limón.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alava-González, A. M., Intriago-Cevallos, C. V., & Ortiz-Hernández, E. H. (2023). Evaluación de la señalética vial de la ciudad de Pedernales y propuesta de mejoramiento. *Polo del conocimiento*, 8(3), 1178-1195. doi:ISSN: 2550 - 682X
2. Alcaldía de Machala. (2022). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial canton Machala 2019-2030*. Machala: GAD municipal.
3. Alexandra Patricia Guerrero Godoy, R. N. (2019). Análisis de la señalización horizontal, calidad de servicio y seguridad vial en la Espoch. *Ciencia Digital*, 66-82. doi:<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.2.461>
4. Amjad Issa, H. S. (2022). Predicción del índice de condición del pavimento mediante el enfoque de redes neuronales artificiales. *Revista de ingeniería de Ain Shams*, 101490. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.04.033>
5. Ana María Pérez Zuriaga, G. L. (2018). *Capacidad y Niveles de Servicio*. Valencia: Universidad politecnica de Valencia.
6. ANT. (2021). *Manual de seguridad vial urbana de Ecuador*. Quito.
7. Baque-Solis, B. S. (2020). Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí. *Dominio de las Ciencias*, 203-228. doi:ISSN-e 2477-8818
8. Carlos Magno Chávarry Vallejos, G. I. (2020). Manual de seguridad vial para aumentar los niveles de infraestructura en las carreteras del Perú. *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 179-196. doi:<https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol5iss38.2021pp179-196>
9. Domínguez, G. Y., Piñón, A. N., & Cobas, D. E. (2019). INCIDENCIA DE LA SEGURIDAD VIAL EN EL EJERCICIO DEL DERECHO A LA CIUDAD EN ECUADOR. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 41-52. doi:<https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v3.n2.2019.147>

10. Erwin Javier Oyola Estrada, J. C. (2017). Evaluación de la congestión vehicular: Av. Castro Benítez y Vía Pajonal, Machala-Ecuador, año 2016. *Cumbres*, 135-142. doi: ISSN-e 1390-3365, ISSN 1390-9541
11. Eunices Soler Sánchez, S. C. (2022). Evaluación de la incidencia de los ciclos sobre el nivel de servicio de intersecciones no semaforizadas en la ciudad de Holguín. *Revista Científica De FAREM-Estelí*, 248–270. doi:<https://doi.org/10.5377/farem.v11i3.14914>
12. Fabián Carpio, J. A. (2018). Determinación de capacidad de carreteras en Cuenca (Ecuador) y comparación con el manual de capacidad HCM. *Maskana*, 115–124. doi:<https://doi.org/10.18537/mskn.09.01.11>
13. García Depestre, R. A., Delgado Martínez, D. E., & Díaz García, E. E. (2012). Seguridad vial en carreteras rurales de dos carriles. Provincia de Villa Clara, Cuba. *Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán*, 16(1), 21-32. doi:1665-529X
14. García-Ramírez, Y. C. (2021). Uso del modelo iRAP para evaluar la seguridad vial en carreteras de dos carriles en Ecuador. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 7-23. doi:10.22206/CYAP.2021.V4I1.PP7-23
15. González, A. M., Cevallos, C. V., & Hernández, E. H. (2023). Evaluación de la señalética vial de la ciudad de Pedernales y propuesta de mejoramiento. *Polo del conocimiento*, 1178-1195. doi:ISSN: 2550 - 682X
16. INEN. (2011). SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 1. SEÑALIZACIÓN. Quito, Ecuador: RTE INEN 004-1.
17. INVIAS. (2020). Manual de Capacidad y niveles de servicio para carreteras de dos carriles. Colombia: Ministerio de transporte.
18. Jenny Margoth Villamarín Padilla, M. A. (2019). Planificación de la infraestructura - señalización de paradas en la ciudad de Riobamba, aplicando modelos matemáticos. *Ciencia Digital*, 48-65. doi:<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.2.459>

19. Jiménez Paredes, F., Oyola Estrada, E., Romero Valdiviezo, E., & Gordillo, J. C. (2018). Evaluación de la señalización vertical de la vía Pasaje - Machala. *Conference Proceedings UTMACH*, 1. doi:ISSN 2588-056X
20. José Huamani Arone, O. E. (2022). Influencia del Mantenimiento Vial y Satisfacción del Usuario. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 1876-1896. doi:[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i5.3202](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3202)
21. José Miguel Muñoz, R. H. (2022). Diseño y creación de una herramienta geotecnológica para el análisis de la accidentalidad vial en la Ciudad de Toluca, México, SIGESEV-TC. *Revista cartográfica*, 7–34. doi:<https://doi.org/10.35424/rcarto.i106.1660>
22. Marco Javier Flores Calero, C. C. (2018). Implementación de un algoritmo para la detección de señales de tránsito del Ecuador. *Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología*, 9-20. doi:<https://doi.org/10.17163/ings.n20.2018.01>
23. Movilidad Machala EP. (2022). *Informe de rendición de cuentas 2022*. Machala: Machala alcaldía .
24. NATHALY, C. Q. (2015). DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CAPA DE RODADURA EN LA CIRCUNVALACIÓN NORTE DESDE VÍA LIMÓN HASTA BUENAVISTA MACHALA EL ORO ECUADOR. 73.
25. Nithin Sudarsanan, Y. R. (2022). A critical review of the fatigue life prediction of asphalt mixtures and pavements. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2095-7564. doi:10.1016/j.jtte.2022.05.003
26. Shakhan, M. T. (2022). Improving flexible pavement performance through suitable aggregate gradation. *Revista de la Construcción. Journal of Construction*, 295-308. doi:10.7764/RDLC.21.2.295
27. Sleyther Arturo De La Cruz Vega, C. E. (2022). Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: pavimentos en Azángaro, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*, 1-8. doi:<https://doi.org/10.15517/iv.v24i43.48563>
28. Solis, J. E. (2022). Infraestructuras en la seguridad vial. *Revista Científica FIPCAEC*, 2497-2551. doi:ISSN : 2588-090X

29. Stéfanov, B. P. (2019). Estadísticas de siniestros viales con víctimas en Costa Rica para el período 2012-2016. *Revista Infraestructura Vial*, 09-19. doi:2215-3705
30. Suly Patricia Castro Molinares, J. I. (2021). Actitudes protectoras relacionadas con la seguridad vial en conductores de Villavicencio (Colombia). *Diversitas*, 4-19. doi:<https://doi.org/10.15332/22563067.7070>
31. Tarek Ziad Ashhad Verdezoto, F. F. (2020). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Revista Gaceta Técnica*, 4-23. doi:<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21905.04960>
32. Yefer Asprilla Lara, F. G. (2018). Señalización y seguridad vial en buses de tránsito rápido: el transmilenio en Bogotá. *Revista Infraestructura vial*, 15-25. doi:<https://doi.org/10.15517/iv.v19i33.32919>
33. Yusnevis Rodríguez Gutierrez, R. A. (2023). Procedimiento para determinar la velocidad promedio de viaje en carreteras, Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 1-12. doi:1990-8830

## ANEXOS

Figura 17: Evaluación del ISV



Figura 18: Evaluación del ISV



Figura 19: Evaluación del ISV



Figura 20: Evaluación del ISV



Figura 21: Piel de cocodrilo en la vía limón



Figura 22: Semaforización en la vía



Figura 23: Observación sobre la falta de paraderos para transporte publico



Figura 24: Intersección vial y su estado actual



Figura 25: lindero vial y del canal sin contar la seguridad adecuada

