



Universidad
Nacional de
Ingeniería

Centro Universitario Regional Estelí (CURE)

**DIAGNÓSTICO DE SEÑALIZACIÓN VIAL
DEL TRAMO DE CARRETERA KM (200 –
209); EN LA COMUNIDAD DE WALE,
MUNICIPIO DE SANTA MARIA DE
PANTASMA, DEPARTAMENTO DE
JINOTEGA.**

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Pablo Sergio Castillo Soza

Carnet: 2017-0034N

Tutor:

MSc. José Antonio Hernández

17 de febrero de 2026

Estelí, Nicaragua

Dedicatoria

En primer lugar, agradezco a Dios, por ser guía constante en cada etapa de mi vida y por concederme la fortaleza necesaria para culminar este proceso académico. A Él encomiendo cada logro alcanzado y cada meta futura.

Sin embargo, si existe una persona que merece el mayor reconocimiento en estas líneas, esa es mi mamá, Nelly Soza.

Ella es la razón profunda detrás de cada avance, de cada esfuerzo y de cada meta cumplida. Creyó en mí incluso antes de que existieran resultados, trabajó incansablemente para brindarme oportunidades y jamás permitió que las circunstancias definieran mis límites. Su sacrificio silencioso, su determinación inquebrantable y su amor absoluto han sido el cimiento sobre el cual he construido cada logro. Todo lo bueno que pueda llegar a ser en la vida es, en esencia, reflejo de su entrega. Este triunfo le pertenece tanto como a mí.

A mis padres, Owen Brown y David Cárdenas, les agradezco por el ejemplo de firmeza, disciplina y responsabilidad que me han transmitido. Su presencia ha sido pilar y estructura, enseñándome el valor del carácter, el compromiso y el trabajo constante.

Finalmente, a mis hermanos, a mi familia en general y a mis amigos, gracias por acompañarme en este proceso y por formar parte de mi crecimiento personal y profesional.

Porque el trabajo constante, aunque muchas veces silencioso, es la base estructural que soporta cada logro, el pilar que mantiene en pie los sueños hasta que finalmente se convierten en realidad.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio constituye un análisis profundo de los principales puntos críticos y del flujo vehicular en la localidad de Wale, municipio de Santa María de Pantasma, departamento de Jinotega, cuyo propósito fundamental es diagnosticar las condiciones actuales de la señalización vial y en consecuencia formular una propuesta de señalización que complemente la infraestructura existente.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

Este capítulo introduce la relevancia del tema abordado, contextualizando la problemática del área de estudio. Asimismo, delimita los objetivos que guían la investigación, estableciendo la necesidad de intervención para mejorar la seguridad vial.

CAPÍTULO II: INVENTARIO VIAL

En esta sección se presentan los conceptos teóricos fundamentales sobre señalización vial y se detalla la metodología empleada para el levantamiento del inventario de señales y simbología. El registro y la contabilización de la infraestructura existente constituyen la base técnica para el posterior desarrollo de la propuesta de mejora.

CAPÍTULO III: AFORO DE TRANSITO

Se analiza el estudio de tránsito por medio de un Aforo de Transito realizado en la localidad de Wale municipio de Santa María de Pantasma, departamento de Jinotega, utilizando datos de aforos vehiculares obtenidos en días estratégicos, conforme a las recomendaciones técnicas de Ingeniería Vial de la Policía Nacional. Este análisis permite determinar los volúmenes de circulación vehicular durante un intervalo de 12 horas (de 6:00 a.m. a 6:00 p.m.), así como identificar la composición vehicular y el comportamiento del tráfico durante las horas pico.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE ACCIDENTALIDAD

Este capítulo expone un análisis detallado de las estadísticas de siniestralidad proporcionadas por el Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Policía Nacional.

A partir de esta información, se identifican las principales causas de accidentes, los tipos de colisiones, la distribución temporal de los eventos (por hora, día, semana y mes), los puntos críticos de mayor incidencia y se calcula el índice de accidentes en relación con el parque vehicular de Wale, municipio de Santa María de Pantasma.

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN VIAL COMPLEMENTARIA

Con base en el diagnóstico de la infraestructura vial, el análisis de la accidentalidad y el comportamiento del tránsito vehicular, se elabora una propuesta de señalización complementaria. Esta propuesta contempla la instalación de señales viales ausentes, conforme a las normas técnicas y criterios de diseño vigentes, con el objetivo de fortalecer la seguridad vial en el tramo de la localidad de Wale, municipio de Santa María de Pantasma, departamento de Jinotega.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis de los resultados obtenidos en cada capítulo y en función de los objetivos establecidos, se identifican las principales consideraciones técnicas relacionadas con la señalización horizontal y vertical en el municipio de Santa María de Pantasma, departamento de Jinotega. Se determinan las causas recurrentes de accidentalidad en los puntos críticos, la composición vehicular predominante y los periodos de mayor congestión, aspectos que fundamentan la propuesta de intervención para mejorar la infraestructura vial y reducir los índices de siniestralidad, siguiendo los principios del diseño vial seguro.

Índice

CAPITULO I. GENERALIDADES.....	16
1.1. INTRODUCCION	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	2
1.2.2. <i>Objetivo Especifico</i>	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. ANTECEDENTES.....	4
1.4.1. <i>Localización del proyecto</i>	5
CAPITULO II. INVENTARIO VIAL	7
2.1. INTRODUCCIÓN	8
2.2. GENERALIDADES	8
2.2.1. <i>Señalización vial</i>	8
2.2.2. <i>Clasificación</i>	8
2.3. LEVANTAMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN EN CAMPO.	17
2.3.1. <i>Levantamiento de la señalización vertical en campo</i>	17
2.3.2. <i>Levantamiento de la señalización horizontal en campo</i>	19
2.4. CONCLUSIÓN.....	21
CAPITULO III. AFORO DE TRANSITO	23
3.1. INTRODUCCIÓN	24
3.2. GENERALIDADES	24
3.2.2. <i>Importancia</i>	24
3.2.3. <i>Tipos de aforo vehicular</i>	25
3.3. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	25
3.3.1. <i>Organización y tabulación de datos</i>	25
3.3.2. <i>Cálculos fundamentales de tránsito</i>	26
3.4. TIPOS DE TRÁNSITO Y ANÁLISIS DE VOLÚMENES.....	27
3.5. CLASIFICACIÓN VEHICULAR Y ESTRUCTURA DEL TRÁNSITO.	29
3.6. OBTENCIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO.	30

3.7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.	31
3.7.1. <i>Volumen hora pico</i>	36
CAPÍTULO LV: ANÁLISIS DE ACCIDENTABILIDAD	40
4.1. INTRODUCCIÓN	41
4.2. FACTORES DE RIESGO VIAL.....	42
4.2.1. <i>Severidad y consecuencias de los accidentes</i>	43
4.3. INDICADORES DE ACCIDENTABILIDAD	44
4.4. RELACIÓN ENTRE SEÑALIZACIÓN Y ACCIDENTABILIDAD.	47
4.5. IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE ACCIDENTABILIDAD EN LA PLANIFICACIÓN VIAL.....	48
4.6. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE ACCIDENTABILIDAD.	48
4.6.1. <i>Fuentes de información</i>	49
4.6.2. <i>Periodo y ámbito de estudio</i>	49
4.6.3. <i>Procedimiento de recolección de datos</i>	50
4.6.4. <i>Clasificación y depuración de la información</i>	51
4.6.5. <i>Instrumentos de análisis y tratamiento de datos</i>	51
4.6.6. <i>Criterios de interpretación y análisis</i>	52
4.6.7. <i>Validación y limitaciones del estudio</i>	53
4.6.8. <i>Conclusiones sobre la metodología</i>	53
4.7. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS ACCIDENTES.	53
4.7.1. <i>Número total de accidentes en el período</i>	54
4.7.2. <i>Distribución temporal de los accidentes</i>	55
4.7.3. <i>Distribución espacial y puntos críticos</i>	55
4.7.4. <i>Causas principales de los accidentes</i>	56
4.7.5. <i>Tipología de los accidentes</i>	56
4.7.6. <i>Severidad de los accidentes</i>	58
4.7.7. <i>Fallecidos y lesionados</i>	61
4.7.8. <i>Síntesis general de resultados</i>	61
CAPÍTULO V: PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN VIAL.	64
5.1. INTRODUCCIÓN.	65
5.2 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL.	66

5.2.1. Principios generales de diseño.	67
5.2.2. Legibilidad y distancia de visualización.....	67
5.2.3. Factores geométricos y ambientales.....	68
5.2.4. Coherencia funcional del sistema de señalización.	69
5.3. MATERIALES - SEÑALIZACIÓN VIAL.	69
5.4. TIPOLOGÍA Y DIMENSIONES DE LAS SEÑALES.....	72
5.4.1. Consideraciones técnicas de diseño gráfico.....	74
5.5. DISTRIBUCIÓN Y UBICACIÓN PROPUESTA DE LAS SEÑALIZACIÓN VIAL.....	75
5.5.1. Criterios para la ubicación de señales.	75
5.5.2. Cuadro de distribución de la señalización propuesta.	76
5.6. PRESUPUESTO DE LA PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN.....	85
5.6.1. Introducción	85
5.6.2. Consolidación Costo directo base.	87
5.6.3. Consolidación del costo indirecto.....	96
5.6.4. Conclusión.....	97
5.6.5. Análisis y justificación del costo.	97
5.6.6. Cronograma.....	98
5.6.3. Conclusión – Propuesta de la señalización.	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
CONCLUSIONES.....	104
RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍAS	106
ANEXOS 110	
ANEXOS CAPITULO LL. INVENTARIO VIAL.	111
Clasificación de la señalización vial.	111
Metodología del levantamiento.....	117
ANEXOS CAPITULO LLL. AFORO VEHICULAR.	128
Clasificación y tipología de los vehículos analizados en el conteo.....	131
Resumen de datos del aforo vehicular.....	133
Cálculos y parámetros del aforo vehicular.	136

<i>Gráficos y representaciones</i>	138
ANEXOS CAPITULO IV: ANÁLISIS DE ACCIDENTABILIDAD.	138
<i>Fuentes de información</i>	138
<i>Periodo y cobertura del estudio</i>	140
<i>Análisis de causas de accidentabilidad y consecuencias en víctimas</i>	145
<i>Accidentes documentados en el tramo de Wale – Pantasma</i>	149
ANEXOS CAPITULO V: PROPUESTA DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL COMPLEMENTARIA.	155
<i>Especificaciones Técnicas para la Instalación de Señales Verticales</i>	156
<i>Especificaciones Técnicas para la Instalación de Señalización horizontal</i>	161

Índice de tablas

Tabla 1. Levantamiento De Señalización Vertical.....	17
Tabla 2. Levantamiento De Señalización Horizontal.....	19
Tabla 3. Resultados Obtenidos De Los Conteos Vehiculares.	32
Tabla 4. Registros De Volúmenes Observados En Hora Pico (Vhp).....	36
Tabla 5. Cálculo De Indicadores Claves De Tránsito.....	37
Tabla 6. Puntos Críticos De Accidentabilidad En El Tramo.	55
Tabla 7. Distribución De Accidentes Según Severidad.....	58
Tabla 8. Distribución Anual De Lesionados Y Fallecidos En El Tramo Wale– Pantasma.	61
Tabla 9. Especificaciones Técnicas.	74
Tabla 10. Propuesta De La Señalización Vial En El Tramo Km 200 – 209 De La Localidad De Wale Municipio De Santa María De Pantasma, Jinotega.	76
Tabla 11. Propuesta De La Señalización Complementaria En El Tramo Km 200 – 209 De La Localidad De Wale Municipio De Santa María De Pantasma.....	84
Tabla 12. Materiales Señalización Vial- Costos Directos.....	85
Tabla 13. Mano De Obra – Costos Directos.	86
Tabla 14. Equipos Y Herramientas – Costos Directos.....	86
Tabla 15. Señalización Preventiva – Costo Directo Por Unidad.....	87
Tabla 16. Señalización Restrictiva – Costo Directo Por Unidad.	88
Tabla 17. Señalización Restrictiva – Costo Directo Por Unidad	89
Tabla 18. Línea Continua Central – Costo Directo.....	90
Tabla 19. Líneas Continuas Laterales – Costo Directo.....	90
Tabla 20. Pasos Peatonales – Costo Directo.....	90

Tabla 21. Accesorios Complementarios – Costo Directo.....	91
Tabla 22. Mano De Obra Señalización Vertical.	92
Tabla 23. Mano De Obra Señalización Horizontal.	92
Tabla 24. Mano De Obra Señalización Complementaria.....	93
Tabla 25. Equipos Y Herramientas – Costo Directo.....	94
Tabla 26. Costo Total – Costo Directo.	95
Tabla 27. Costo Indirecto Total.	96
Tabla 28. Etapa 1 - Diagnóstico Preliminar Y Planificación.	98
Tabla 29. Etapa 2 - Trabajo De Campo (Levantamiento Y Aforos).	99
Tabla 30. Etapa 3 – Procesamiento Y Análisis.	100
Tabla 31. Etapa 4 – Diseño De La Propuesta De Señalización.....	101
Tabla 32. Etapa 6 – Cierre Académico (Tesis).	102
Tabla 33. Formato De Levantamiento (Vertical).	117
Tabla 34. Formato De Levantamiento. (Vertical).	118
Tabla 35. Formato De Levantamiento. (Horizontal).	119
Tabla 36. Registro De Aforo Vehicular Correspondiente	133
Tabla 37. Registro De Aforo Vehicular Del Segundo.....	134
Tabla 38. Registro De Aforo Vehicular Correspondiente	135
Tabla 39. Principales Indicadores Del Flujo Vehicular.....	136
Tabla 40. Muertos Y Lesionados Según Tipo O Causa De Accidente.	145
Tabla 41. Distribución Mensual De Lesionados Y Fallecidos.	147
Tabla 42. Alcances De La Propuesta De La Señalización.....	155
Tabla 43. Dimensiones De Los Tableros.	158
Tabla 44. Dimensiones De Los Postes.	160

Índice de gráficos

Gráfico 1. Clasificación De La Señalización Vertical.	18
Gráfico 2. Estado Físico De La Señalización.....	19
Gráfico 3. Distribución Porcentual Del Tránsito Vehicular.....	33
Gráfico 4. Volúmenes De Hora Pico.	37
Gráfico 5. Factores Determinantes De Los Accidentes De Transito	43
Gráfico 6. Diagrama De Flujo Metodológico Del Análisis De Accidentabilidad.	50
Gráfico 7. Zonas Con Mayor Accidentabilidad En El Municipio De Pantasma.....	54
Gráfico 8. Distribución De Accidentes Según Severidad.....	59
Gráfico 9. Distribución Horas Picos En Los Diferentes Conteos.	138
Gráfico 10. Muertos Y Lesionados Según Tipo O Causa De Accidente.....	146
Gráfico 11. Distribución Mensual De Lesionados Y Fallecidos.	148
Gráfico 12. Metodología De Diseño.	155

Índice de ilustraciones

Ilustración 1.	Macro Localización N° 1.....	5
Ilustración 2.	Macro Localización N° 2.....	5
Ilustración 3.	Micro Localización N° 1.....	6
Ilustración 4.	Micro Localización N° 2.....	6
Ilustración 5.	Señalización Reglamentaria.....	9
Ilustración 6.	Señalización Preventiva.....	10
Ilustración 7.	Señalización Informativa.....	11
Ilustración 8.	Dispositivos Complementarios De Señalización.....	15
Ilustración 9.	Zona De Alta Accidentabilidad Est: 206 + 040.....	48
Ilustración 10.	Accidente Tipo Vuelco Ocurrido El 24 De Mayo De 2023.....	57
Ilustración 11.	Serie De Límite De Velocidad (R-2).....	111
Ilustración 12.	Serie Otras Restricciones (R-13).....	112
Ilustración 13.	Serie Carreteras Y Localidades (li-5).....	112
Ilustración 14.	Serie De Servicios Básicos.....	113
Ilustración 15.	Serie Presencia De Peatones (P-9).....	113
Ilustración 16.	Serie De Cambios (P-1).....	114
Ilustración 17.	Serie Pendientes Pronunciadas.....	115
Ilustración 18.	Serie Condiciones De Peligro.....	115
Ilustración 19.	Serie Delineadores De Objetos.....	116
Ilustración 20.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.....	120
Ilustración 21.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.....	120
Ilustración 22.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.....	121

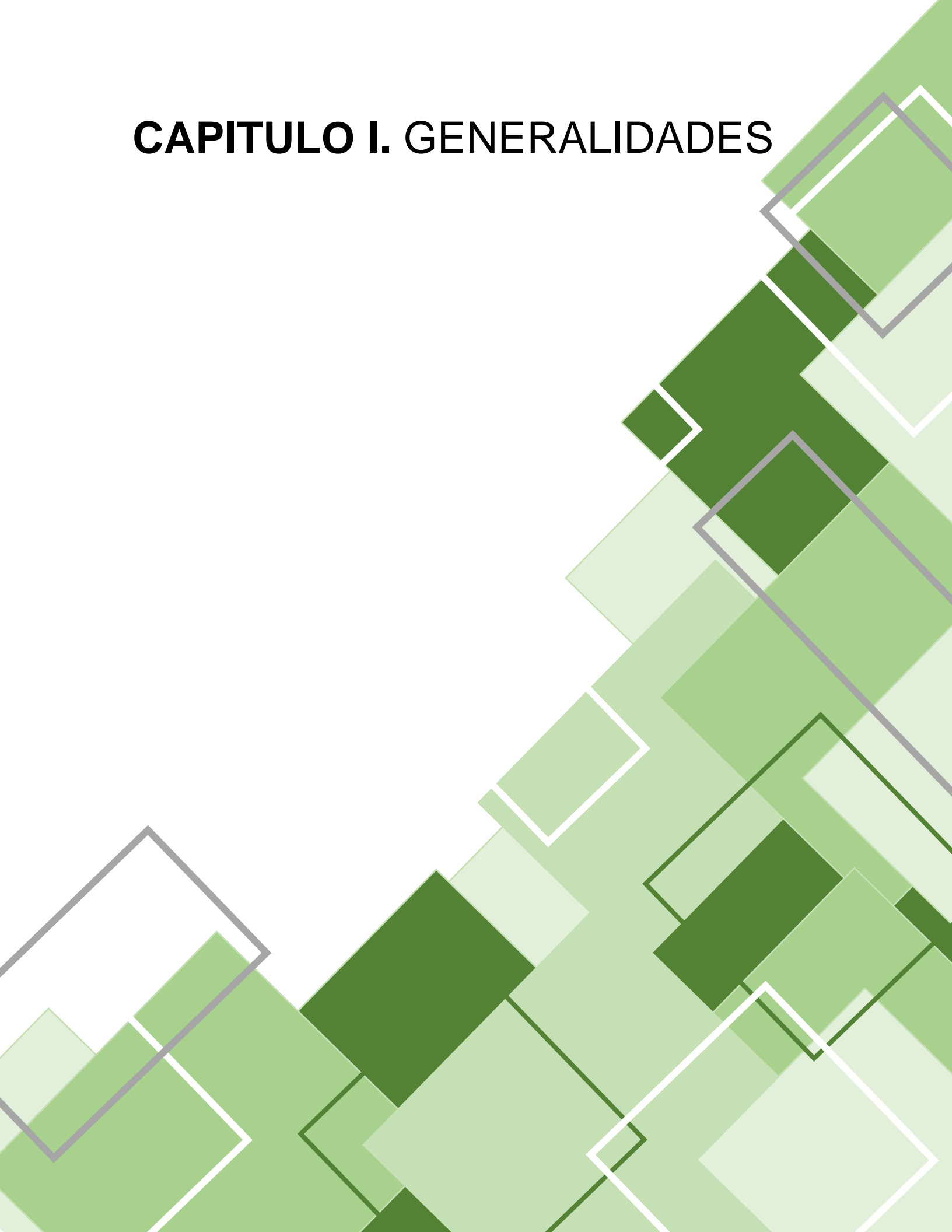
Ilustración 23.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	121
Ilustración 24.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	122
Ilustración 25.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	122
Ilustración 26.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	123
Ilustración 27.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	123
Ilustración 28.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	124
Ilustración 29.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	124
Ilustración 30.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	125
Ilustración 31.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	125
Ilustración 32.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	126
Ilustración 33.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	126
Ilustración 34.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	127
Ilustración 35.	Puntos Críticos Sin Señalización Vial.	127
Ilustración 36.	Formato Conteo Vehicular Manual.....	128
Ilustración 37.	Formato S Conteo Vehicular Manual.....	129
Ilustración 38.	Formato Conteo Vehicular Manual.....	130
Ilustración 39.	Clasificación Vehicular.	131
Ilustración 40.	Ejemplo Encuesta Realizada A Pobladores.....	141
Ilustración 41.	Ejemplo Encuesta Realizada A Pobladores.....	142
Ilustración 42.	Ejemplo Encuesta Realizada A Pobladores.....	143
Ilustración 43.	Ejemplo Encuesta Realizada A Pobladores.....	144
Ilustración 44.	Accidente De Tránsito En El Tramo – 03/06/25.....	149
Ilustración 45.	Accidente De Tránsito En El Tramo – 05/12/23.....	149
Ilustración 46.	Accidente De Tránsito En El Tramo - 09/02/24.	150

Ilustración 47.	Accidente De Tránsito En El Tramo – 10/07/25.....	150
Ilustración 48.	Accidente De Tránsito En El Tramo – 30/12/23.....	151
Ilustración 49.	Accidente De Tránsito En El Tramo – 06/03/25.....	151
Ilustración 50.	Accidente De Tránsito En El Tramo - 29/04/25.	152
Ilustración 51.	Accidente De Tránsito En El Tramo – 30/05/25.....	152
Ilustración 52.	Accidente De Tránsito En El Tramo – 15/05/21.....	153
Ilustración 53.	Accidente De Tránsito En El Tramo – 16/01/19.....	153
Ilustración 54.	Accidente De Tránsito En El Tramo - 21/09/20	154

Índice de fórmulas

Fórmula 1.	Calculo Volumen Vehicular Horario.	26
Fórmula 2.	Volumen Horario Máximo	26
Fórmula 3.	Volumen Promedio Diario.....	27
Fórmula 4.	Factor De Hora Pico	27
Fórmula 5.	Desviación Estándar.....	38
Fórmula 6.	Coeficiente De Variación	39
Fórmula 7.	Índice De Frecuencia.....	44
Fórmula 8.	Índice De Severidad	45
Fórmula 9.	Tasa De Accidentabilidad.....	45
Fórmula 10.	Tasa De Mortalidad.....	46

CAPITULO I. GENERALIDADES



1.1. INTRODUCCION

La señalización vial es un componente esencial para la organización y seguridad del tránsito, tanto para conductores como para peatones, en calles, carreteras y otros espacios de circulación. La protección de la vida y la integridad de quienes transitan por estas vías depende, en gran medida, de la adecuada interpretación y cumplimiento de la señalización, así como de la responsabilidad y atención de los usuarios.

El uso eficiente de la infraestructura vial es fundamental para la movilidad social y el desarrollo. En este sentido, la señalización vial desempeña un papel clave en la prevención de accidentes de tránsito, la reducción de la congestión vehicular y la mitigación de riesgos derivados de la baja visibilidad y otros peligros latentes en el entorno.

El aumento de accidentes de tránsito en el país representa una problemática de gran magnitud que requiere la implementación de medidas rigurosas e inmediatas. En Nicaragua, si bien se reconoce la importancia del estado de las vías de transporte y comunicación, a menudo se descuida su mantenimiento, lo que resulta en el deterioro de la infraestructura y la ausencia de señalización vial horizontal y vertical en diversos tramos carreteros.

Un ejemplo de esta problemática se observa en el tramo de carretera de la localidad De Wale, Municipio De Santa María De Pantasma, Departamento De Jinotega. Este conjunto de vías tiene una ubicación estratégica y es ampliamente utilizado por comerciantes locales y foráneos. Sin embargo, estas carreteras no cumplen con las normativas establecidas respecto a la señalización vial, lo que incrementa el riesgo de incidentes y pone en peligro la seguridad de los transeúntes y conductores.

Este proyecto abarcará el diagnóstico del estado actual de la infraestructura vial en la zona de estudio, la identificación de normativas aplicables y el planteamiento de estrategias para mejorar la señalización y reducir el riesgo de accidentes de tránsito y la propuesta de la señalización faltante en la zona, con el fin de garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes y mejorar la seguridad vial.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Realizar un diagnóstico de señalización Vial del tramo de carretera km (200 – 209); en la localidad de Wale, municipio de Santa María de Pantasma, departamento de Jinotega; con el propósito de que la circulación sea eficiente y segura.

1.2.2. Objetivo Especifico

- Elaborar un inventario vial para conocer el estado actual de la señalización vial del tramo.
- Ejecutar un aforo de tránsito para la determinación de los volúmenes de circulación vehicular, velocidad de circulación, nivel de servicio y composición vehicular en la zona de estudio.
- Analizar la accidentabilidad en puntos críticos con datos estadísticos proporcionado por el departamento de tránsito de la policía nacional, para identificar las causas de los accidentes y tomar medidas preventivas.
- Presentar una propuesta de mejora en la señalización vial existente, en cumplimiento con el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito (SIECA 2000), con el fin de optimizar la seguridad y organización del tránsito.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio vial es de suma importancia, ya que permite analizar y comprender la necesidad de una adecuada señalización en el tramo de carretera de la localidad de Wale, Municipio de Santa María de Pantasma, Departamento de Jinotega.

Este sector es de alta circulación, al ser utilizado por comerciantes, transporte público, vehículos livianos y de tracción animal, así como por una gran cantidad de peatones. Sin embargo, la ausencia de una señalización vial adecuada dificulta la orientación de los peatones y conductores, aumentando el riesgo de accidentes.

La implementación de elementos de seguridad vial adecuados contribuiría significativamente a la reducción de siniestros de tránsito, al facilitar la prevención de accidentes, mejorar la circulación vehicular y garantizar la protección de los usuarios más vulnerables.

Además, la compleja topografía de la zona, caracterizada por ser una de las carreteras más peligrosas de país, por sus curvas cerradas, pendientes pronunciadas y la presencia constante de corrientes de agua en calles y la espesa niebla, agrava la situación. La combinación de estos factores con la carencia de señalización ha generado un alto índice de accidentes, con consecuencias tanto humanas como económicas. Por lo tanto, resulta imperativo abordar esta problemática mediante una estrategia integral de señalización que garantice la seguridad y eficiencia del tránsito en el área de estudio.

1.4. ANTECEDENTES

El tramo de carretera de la localidad de Wale, Municipio de Santa María de Pantasma, se ha consolidado como una vía de alta afluencia vehicular y peatonal, desempeñando un papel fundamental en la conectividad y desarrollo de estos sectores emergentes. No obstante, este tramo se ha caracterizado por un alarmante índice de accidentes de tránsito, lo que genera una creciente preocupación tanto entre los residentes de la zona como entre los visitantes que transitan por esta vía.

La construcción de este tramo inicio con el objetivo de fortalecer la infraestructura vial y potenciar la economía local mediante una mejor integración de estos sectores al resto de la ciudad. Sin embargo, a pesar de los avances en conectividad, la ausencia de una señalización vial adecuada y el incremento acelerado del flujo vehicular han derivado en un notable aumento de incidentes viales.

Uno de los factores más preocupantes es el constante incremento de accidentes de tránsito en la zona, tendencia que se ha mantenido en ascenso en los últimos años. En el departamento de Jinotega, en la última década, el número de siniestros viales ha aumentado significativamente, lo que evidencia una problemática que requiere medidas urgentes. Entre las principales causas de esta situación se identifica la falta de señalización adecuada para regular el tránsito y garantizar la seguridad de los usuarios de la vía.

Ante esta realidad, se hace muy necesario el diseño e implementación de estrategias que permitan mitigar los riesgos asociados a la circulación en este tramo. La señalización vial no solo facilita la orientación de conductores y peatones, sino que también constituye un elemento clave en la reducción de accidentes, la mejora del flujo vehicular y la protección de los actores más vulnerables en la vía.

1.4.1. Localización del proyecto.

Macro localización.

El tramo sujeto a estudio se encuentra en la localidad de Wale, Municipio de Santa María de Pantasma, Departamento de Jinotega.

Ilustración 1. Macro Localización N° 1.



Fuente: (Google Earth, 2025).

Ilustración 2. Macro Localización N° 2.



Fuente: (Google Earth, 2025).

Micro Localización.

La ubicación del sector donde se realizó el estudio es en el Sureste del Municipio de Santa María de Pantasma, departamento de Jinotega.

Ilustración 3. Micro localización N° 1.



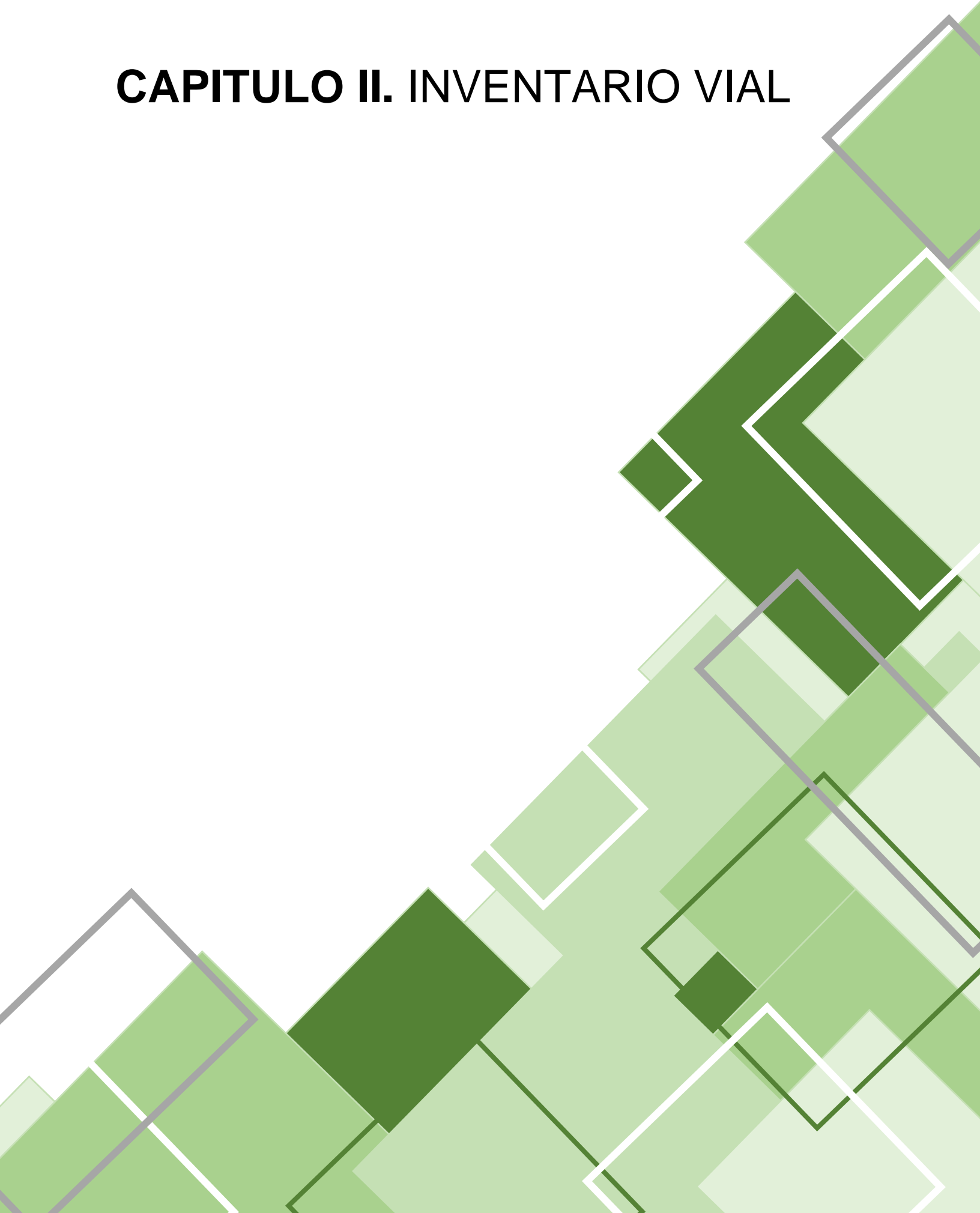
Fuente: (Google Earth, 2025).

Ilustración 4. Micro localización N° 2.



Fuente: (Google Earth, 2025).

CAPITULO II. INVENTARIO VIAL



2.1. Introducción

Los inventarios de señalización vial son registros de las vías de comunicación terrestres y su estado, esto permite realizar una buena planificación y tomar decisiones de inversión efectivas en beneficio de la movilidad rural.

Este además incluye información sobre, Ubicación de las carreteras, Características físicas, Estado operativo, Elementos estructurales, entre los cuales encontramos la Señalización Vial. (SIECA, 2000).

2.2. Generalidades

2.2.1. Señalización vial.

La señalización vial es un conjunto de elementos y sistemas utilizados en las vías de comunicación, cuyo objetivo es regular, advertir y guiar a los conductores, peatones y otros usuarios de la vía, garantizando la seguridad y el orden en el tráfico. Estos elementos son fundamentales para la prevención de accidentes y el buen funcionamiento de las redes viales.

2.2.2. Clasificación.

Según la Ley N.º 431, "Ley para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsito", la señalización vial en Nicaragua se clasifica en Señalización Vertical, Señalización Horizontal y dispositivos complementarios de señalización.




































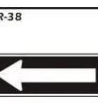
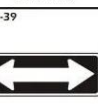










2.2.2.1. Señalización Vertical.

Las señales verticales consisten en un grupo de señales plasmadas en posición vertical, como señales montadas sobre postes o estructuras, que informan, regulan y advierten a los usuarios de la vía. Estas señales deben cumplir con las especificaciones establecidas en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, promovido por la Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (SIECA, 2000); así mismo estas se dividen en tres grandes categorías: reglamentarias, preventivas e informativas.

Señales reglamentarias: Son aquellas que tienen por objeto notificar a los conductores y peatones las limitaciones, prohibiciones y restricciones; cuya violación significa infracciones a la Ley para el Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones de Tránsito.

Su forma es rectangular, a excepción del ALTO y CEDA EL PASO que son octagonales y triangular respectivamente. Tienen leyendas y símbolos que explican su significado. (LEY PARA EL RÉGIMEN DE CIRCULACIÓN VEHICULAR E INFRACCIONES DE TRÁNSITO, 2024).
























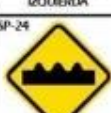








































Ilustración 5. Señalización reglamentaria.

SR-01  PARE	SR-02  CEDA EL PASO	SR-03  SIGA DE FRENTE	SR-04  NO PASE	SR-05  GIRO A LA IZQUIERDA SOLAMENTE	SR-06  PROHIBIDO GIRAR A LA IZQUIERDA	SR-07  GIRO A LA DERECHA SOLAMENTE	SR-08  PROHIBIDO GIRAR A LA DERECHA
SR-10  PROHIBIDO GIRAR EN "U"	SR-11  DOBLE VIA	SR-12  TRES CARRILES (UNO EN CONTRAFLUJO)	SR-13  TRES CARRILES (DOS EN CONTRAFLUJO)	SR-14  PROHIBIDO EL CAMBIO DE CALZADA	SR-16  CIRCULACION PROHIBIDA EN VEHICULOS AUTOMOTORES	SR-17  VEHICULOS PESADOS A LA DERECHA	SR-18  CIRCULACION ROHIBIDA DE VEHICULOS DE CARGA
SR-19  PEATONES A LA IZQUIERDA	SR-20  CURVA SUCESIVAS PRIMERA-DERECHA	SR-21  CIRCULACION PROHIBIDA DE CABALGADURAS	SR-22  CIRCULACION PROHIBIDA DE BICICLETAS	SR-23  CIRCULACION PROHIBIDA DE MOTOCICLETAS	SR-24  CIRCULACION PROHIBIDA DE MAQUINARIA AGRICOLA	SR-25  CIRCULACION PROHIBIDA DE VEHICULO DE TRACCION ANIMAL	SR-26  PROHIBIDO ADELANTAR
SR-28  PROHIBIDO PARQUEAR	SR-28A  NO PARQUEAR NI DETENERSE	SR-29  PROHIBIDO PITAR	SR-30  VELOCIDAD MAXIMA	SR-31  PESO MÁXIMO TOTAL PERMITIDO	SR-32  ALTURA MÁXIMA PERMITIDA	SR-33  ANCHO MÁXIMO PERMITIDO	SR-34  ZONA DE ESTACIONAMIENTO DE TAXIS
SR-35  CIRCULACION DE LUCES BAJAS	SR-36  RETEN	SR-37  CICLOVIA	SR-38  SENTIDO ÚNICO DE CIRCULACION	SR-39  SENTIDO DE CIRCULACION DOBLE	SR-40  PARADERO	SR-41  PROHIBIDO DEJAR O RECOGER PASAJEROS	SR-42  ZONA DE CARGUE Y DESCARGUE
SR-43  PROHIBIDO EL CARGUE Y DESCARGUE	SR-44  ESPACIAMIENTO	SR-45  INDICACION DE SEPARADOR TRANSITO A LA IZQUIERDA	SR-46  INDICACION DE SEPARADOR TRANSITO A LA DERECHA	SRO-01  VIA CERRADA	SRO-02  DESVIO	SRO-03  PASO UNO A UNO	

Fuentes: (SIECA, 2000).

Señales preventivas: Son aquellas que tienen por objeto prevenir a los conductores y peatones de la existencia de un peligro inminente en la vía y la naturaleza de ese peligro, su forma debe ser cuadrada y colocada de manera diagonal. (LEY PARA EL RÉGIMEN DE CIRCULACIÓN VEHICULAR E INFRACCIONES DE TRÁNSITO, 2024).

Ilustración 6. Señalización preventiva.





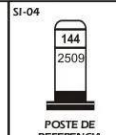


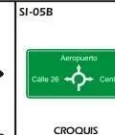




















































SP-01  CURVA PELIGROSA A LA IZQUIERDA	SP-02  CURVA PELIGROSA A LA DERECHA	SP-03  CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA	SP-04  CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA	SP-05  CURVA Y CONTRACURVA PELIGROSA IZQ-DER	SP-06  CURVA Y CONTRACURVA PELIGROSA DER-IZQ	SP-07  CURVA SUCESIVAS PRIMERA IZQUIERDA	SP-08  CURVA SUCESIVAS PRIMERA DERECHA
SP-09  CURVA Y CONTRACURVA PRONUNCIADA IZQ-DER	SP-10  CURVA Y CONTRACURVA PRONUNCIADA DER-IZQ	SP-11  INTERSECCIÓN DE VÍAS	SP-12  VÍA LATERAL IZQUIERDA	SP-13  VÍA LATERAL DERECHA	SP-14  BIFURCACIÓN EN "T"	SP-15  BIFURCACIÓN EN "Y"	SP-16  BIFURCACIÓN IZQUIERDA
SP-17  BIFURCACIÓN DERECHA	SP-18  BIFURCACIÓN ESCALONADA IZQ-DER	SP-19  BIFURCACIÓN ESCALONADA DER-IZQ	SP-20  GLORIETA	SP-21  INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO IZQUIERDA	SP-22  INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO DERECHA	SP-23  SEMAFORO	SP-24  SUPERFICIE RIZADA
SP-25  RESALTO	SP-26  DEPRESIÓN	SP-27  DESCENSO PELIGROSO	SP-28  REDUCCIÓN SIMÉTRICA DE LA CALZADA	SP-29  PREVENCIÓN DE PASO	SP-30  REDUCCIÓN ASIMÉTRICA DE LA CALZADA IZQ	SP-31  REDUCCIÓN ASIMÉTRICA DE LA CALZADA DER	SP-32  ENSANCHE SIMÉTRICO DE LA CALZADA
SP-33  PREVENCIÓN DE CEDA EL PASO	SP-34  ENSANCHE ASIMÉTRICO DE LA CALZADA IZQ	SP-35  ENSANCHE ASIMÉTRICO DE LA CALZADA DER	SP-36  PUENTE ANGOSTO	SP-37  TUNEL	SP-38  20 Ton PESO MÁXIMO TOTAL PERMITIDO	SP-39  CIRCULACIÓN EN DOS SENTIDOS	SP-40  FLECHA DIRECCIONAL
SP-41  TRES CARRILES (UNO EN CONTRAFUJO)	SP-42  ZONA DE DERRUMBE	SP-43  TRES CARRILES (DOS EN CONTRAFUJO)	SP-44  SUPERFICIE DESLIZANTE	SP-45  MAQUINARIA AGRÍCOLA EN LA VÍA	SP-46  PEATONES EN LA VÍA	SP-47  ZONA ESCOLAR	SP-48  ZONA DEPORTIVA
SP-49  ANIMALES EN LA VÍA	SP-50  450 ALTURA LIBRE	SP-51  320 ANCHO LIBRE	SP-52  CRUCE A NIVEL CON EL FERROCARRIL	SP-53  BARRERA	SP-54  PASO A NIVEL	SP-55  INDICACIÓN DE SEPARADOR (DOS SENTIDOS)	SP-55A  INDICACIÓN DE SEPARADOR (UN SENTIDO)
SP-56  TERMINACIÓN DE VÍA CON SEPARADOR (DOS SENTIDOS)	SP-56A  TERMINACIÓN DE VÍA CON SEPARADOR (UN SENTIDO)	SP-57  FINAL DEL PAVIMENTO	SP-59  CICLISTAS EN LA VÍA	SP-67  RIESGO DE ACCIDENTE	SP-101  OBRA EN LA VÍA A 100 m APROXIMACIÓN OBRA EN LA VÍA	SP-102  TRABAJOS EN LA VÍA	SP-103  MAQUINARIA EN LA VÍA

Fuentes: (SIECA, 2000).

Señales informativas: Son aquellas que tienen por objeto identificar las vías y lugares por donde se va circulando, así como guiar los conductores y peatones de manera correcta y segura. La forma de estas señales debe de ser rectangular, con excepción de las indicaciones de rutas que podrán tener una forma y tamaño especial, según sea el caso.

Los colores varían de acuerdo al tipo de señal, generalmente tienen: blanco, verde, negro, y azul. (SIECA, 2000).

Ilustración 7. Señalización informativa.

SI-01  RUTA NACIONAL	SI-01A  RUTA DEPARTAMENTAL	SI-02  RUTA PANAMERICANA	SI-03  RUTA MARGINAL DE LA SELVA	SI-04  POSTE DE REFERENCIA	SI-05  INFORMACIÓN PREVIA DE DESTINO	SI-05A  INFORMATIVA DE DECISIÓN DE DESTINO	SI-05B  CROQUIS
SI-05C  DESCRIPCIÓN DE GIROS	SI-06  CONFIRMATIVA DE DESTINO	SI-07  SITIO DE PARQUEO	SI-07A  ZONA ESPECIALES DE PARQUEO	SI-08  PARADERO DE BUSES	SI-09  ESTACIONAMIENTO DE TAXIS	SI-10  TRANSBORDADOR	SI-11  VÍA PARA CICLISTAS
SI-12  MONUMENTO NACIONAL	SI-13  ZONA MILITAR	SI-14  AEROPUERTO	SI-15  HOSPEDAJE	SI-16  PRIMEROS AUXILIOS	SI-17  SERVICIOS SANITARIOS	SI-18  RESTAURANTE	SI-19  TELÉFONO
SI-20  IGLESIA	SI-21  TALLER	SI-22  ESTACIÓN DE SERVICIO	SI-23  MONTAÑAS	SI-24  CRUCE PEATONAL	SI-25  DISCAPITADOS	SI-26  NOMENCLATURA URBANA	SI-27  SEGURIDAD VIAL
SI-28  GEOGRÁFICA	SI-29  TRANSPORTE FERROVIARIO	SI-30  TRANSPORTE MASIVO	SI-31  ZONA RECREATIVA	SI-32  CAMBIO DE MONEDA	SI-33  ZONA DE CAMPING	SI-34  PLAYA	SI-35  MUSEO
SI-36  MUELLE	SI-37  ZOOLOGICO	SI-38  PUNTO DE INFORMACIÓN TURÍSTICA	SI-39  ARTESANÍAS	SI-40  BIENES ARQUEOLÓGICOS	SI-41  LAGO	SI-42  POLIDEPORTIVO	SI-43  MIRADOR
SI-44  ALQUILER DE AUTOS	SI-45  ATRACTIVO NATURAL	SI-46  VOLCÁN	SI-47  NEVADO	SI-48  TERMAL	SI-49  CASCADA	SI-50  PESCA	SI-O-1  OBRA EN LA VÍA
SI-O-2  INFORMACIÓN INICIO DE OBRA	SI-O-3  INFORMACIÓN FIN DE OBRA	SI-O-4  CARRIL CERRADO	SI-O-5  DESVÍO				

Fuente: (SIECA, 2000).

2.2.2.2. Señalización Horizontal.

La señalización horizontal, es un conjunto de marcas y artefactos que se colocan o se construyen sobre la carpeta de rodamiento, cunetas y otras estructuras con el propósito de delimitar los límites de los carriles, orientar el tránsito de vehículos al igual que el de peatones y brindar información algunos de estos pueden ser: líneas longitudinales, líneas transversales, marcas especiales, símbolos y letras.

Las especificaciones técnicas para estas señales están contenidas en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. (SIECA, 2000).

A continuación, se describen los principales tipos de señalización horizontal:

Líneas longitudinales: Son las más comunes y se extienden en la dirección de la carpeta de rodamiento y pueden ser:

- Línea continua blanca: Prohíbe el cambio de carril e indica separación de carriles en la misma dirección.
- Línea discontinua blanca: Permite el cambio de carril y se usa en vías de sentido único.
- Línea doble continua: Prohíbe el adelantamiento en ambas direcciones.
- Línea doble con una discontinua: Permite adelantar solo desde el lado de la línea discontinua.
- Línea amarilla: Indica separación de carriles de sentidos opuestos.

Líneas transversales: Se ubican de forma perpendicular al eje de la vía, ejemplos de estas pueden ser:

- Línea de detención: Marca dónde debe detenerse el vehículo en una intersección o semáforo.
- Paso peatonal: Indica el cruce seguro para peatones.
- Línea de "ceda el paso": Triángulos invertidos que advierten que el conductor debe dar prioridad.

Símbolos y letras: Estas señalizan advertencias o indicaciones especiales directamente sobre la calzada:

- Flechas de dirección: Indican los movimientos permitidos como giros, avance, entre otros.
- Letras como “PARE”, “ESCUELA” o “TAXI”, estas son una especie de reforzamiento visual a las señales verticales.
- Símbolos de bicicletas, discapacitados o transporte público, entre otros.

Marcas especiales.

- Zonas de carga y descarga.
- Carriles exclusivos (buses, bicicletas).
- Zonas de seguridad: Áreas rayadas que indican zonas donde no se debe circular ni detenerse.

En Nicaragua, estas señalizaciones están reguladas por la Ley N.º 431 y esta establece su color, diseño, ubicación y significado. (LEY PARA EL RÉGIMEN DE CIRCULACIÓN VEHICULAR E INFRACCIONES DE TRÁNSITO, 2024).

En la señalización horizontal, los colores utilizados tienen significados específicos y están regulados por normativas tanto nacionales como internacionales. A continuación, se presentan los principales colores empleados y sus respectivas funciones:

Blanco: Se usa para delimitar carriles en la misma dirección, pasos peatonales, líneas de detención, flechas de dirección, textos como “PARE”.

Este significa regulación y guía del tránsito e indica movimientos permitidos o recomendados.

Amarillo: Se usa para la separación de carriles de sentido contrario, líneas de prohibición de adelantamiento, bordillos donde está prohibido estacionar.

Su significado es de precaución y advertencia; también implica prohibiciones específicas, como no adelantar o no estacionar.

Rojo: Se usa para la señalización de zonas críticas, como rampas de frenado de emergencia, áreas de detención prohibida en algunos países.

Su significado es de peligro inminente o prohibición absoluta.

Azul: Se usa para indicación de zonas de uso exclusivo, como estacionamientos para personas con discapacidad o transporte público.

Negro: Se usa como fondo para mejorar el contraste de otras señales o letras sobre pavimento claro.

Este no tiene un significado por sí mismo se usa como apoyo visual.

La Convención de Viena sobre Señalización Vial, instrumento internacional que armoniza los criterios de señalización entre los países firmantes, establece que las marcas viales deben ser de color blanco o amarillo, dependiendo de su función específica dentro del sistema vial, siendo el blanco comúnmente utilizado para la regulación del tránsito y el amarillo para advertencias o separaciones de sentidos opuestos. Dicha convención también autoriza expresamente el uso del amarillo en zonas de precaución, reforzando su papel como color de advertencia visual inmediata.

En cuanto al color rojo, aunque su uso no está ampliamente desarrollado en el cuerpo normativo de la convención, se reconoce su aplicación en contextos que requieren máxima atención o señalización crítica, dada su asociación universal con el peligro o la prohibición.

Por otra parte, el color azul se admite como complemento en señales informativas, especialmente en la demarcación de espacios designados, como los estacionamientos para personas con movilidad reducida.

Finalmente, aunque el color negro no está detalladamente normado en los documentos consultados, su uso en señalización horizontal se justifica por razones de visibilidad y contraste, sobre todo cuando actúa como fondo que permite resaltar otras marcas o símbolos viales. (Naciones unidas, 1968).

2.2.2.3. Dispositivos complementarios de señalización.

Además de la señalización vial vertical y horizontal, existen otros dispositivos fundamentales en la regulación del tránsito, denominados como dispositivos complementarios de señalización vial, los cuales desempeñan funciones específicas en la seguridad, ordenamiento y canalización del tráfico vehicular y peatonal. Estos dispositivos incluyen, entre otros, los semáforos, tachas reflectivas u ojos de gato, barreras de contención, conos, cilindros y delineadores, así como paneles de mensajes variables.

Ilustración 8. Dispositivos complementarios de señalización.



Fuente: (SIECA, 2000).

Los semáforos: son dispositivos luminosos que regula los sentidos preferenciales. (LEY PARA EL RÉGIMEN DE CIRCULACIÓN VEHICULAR E INFRACCIONES DE TRÁNSITO, 2024).

Marcador vial retro reflectante u ojos de gato: Estos funcionan como dispositivos de guía visual nocturna o en condiciones de baja visibilidad, permitiendo reforzar la percepción de carriles, curvas peligrosas o límites de la calzada. Estos elementos deben cumplir con requisitos técnicos de reflectividad, durabilidad y resistencia, de acuerdo con especificaciones técnicas contenidas en normas como la ASTM D4280 o similares.

Barreras de contención: Estas por su parte son estructuras físicas destinadas a evitar que los vehículos abandonen la calzada o colisionen con obstáculos fijos; se rigen por normas internacionales como las establecidas por la AASHTO.

Reflectores laterales: Son dispositivos retro reflectantes instalados a los costados de la vía en la barrera de seguridad metálica con el propósito de delimitar el borde de la calzada y guiar visualmente al conductor, especialmente durante la noche o en condiciones de baja visibilidad.

Delineadores viales: Son postes verticales flexibles que se utilizan para guiar el flujo vehicular, delimitar carriles y advertir sobre cambios en la configuración de la vía. Están fabricados con materiales como el PVC o poliuretano y poseen bandas reflectivas para asegurar su visibilidad en condiciones de poca luz. Su flexibilidad les permite retornar a su posición original después de un impacto, minimizando daños tanto al dispositivo como al vehículo.

Paneles de mensajes variables: Son dispositivos electrónicos que muestran información dinámica a los conductores, como advertencias, restricciones de velocidad o condiciones del tráfico. Están compuestos por pantallas LED de alta visibilidad y pueden ser programados para mostrar diferentes mensajes según las necesidades del momento. (Ministerio de transporte - Colombia).

En conjunto, estos dispositivos no solo complementan la señalización vertical y horizontal, sino que también fortalecen la gestión vial, reducen la siniestralidad y mejoran la eficiencia del tránsito, siempre dentro de los marcos normativos que aseguran su estandarización y funcionalidad. (Informe de Seguridad Vial en America Latina y El Caribe, 2019).

2.3. Levantamiento de la señalización en campo.

El presente estudio corresponde a un levantamiento técnico de la infraestructura vial de la localidad de Wale, Municipio de Santa María de Pantasma; enfocado específicamente en la evaluación integral de la señalización vertical, señalización horizontal y dispositivos complementarios de señalización vial.

Durante el trabajo de campo se registró detalladamente el sentido de circulación, así como la ubicación exacta de cada elemento de señalización identificado. Este proceso incluyó tanto señales verticales como marcas viales horizontales (líneas de demarcación, símbolos, pasos peatonales, entre otros), además de dispositivos complementarios.

2.3.1. Levantamiento de la señalización vertical en campo.

Tabla 1. Levantamiento de Señalización Vertical.

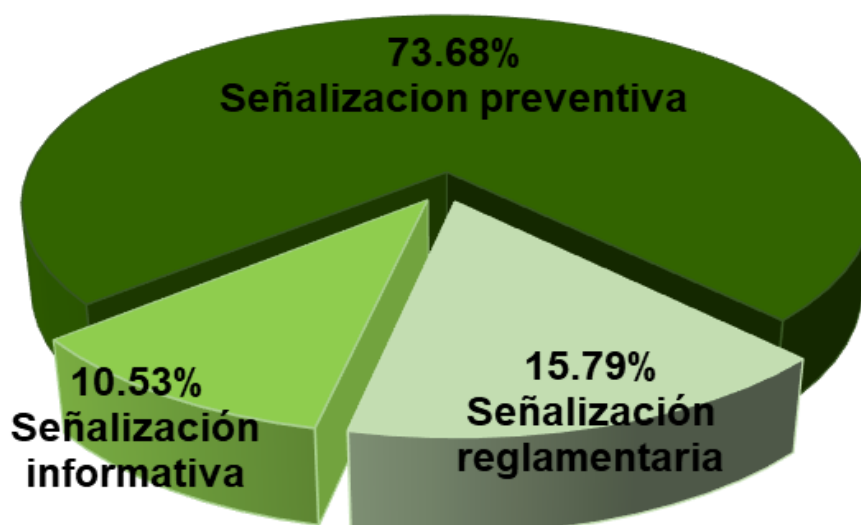
Levantamiento señalización vertical					
Tipo de señal	Descripción	Estado físico			Total
		Malo	Regular	Bueno	
Señalización preventiva	Doble curva		1	1	2
	Curva	5	7	5	17
	Cruce de escolares	3	4	1	8
	Zona de peatones			1	1
Señalización reglamentaria	Límite de velocidad	3	2	1	6
Señalización informativa	Escuela a 100 m		1	1	2
	Parada de buses		1		1
	Zona escolar			1	1
Total		11	16	11	38

Fuentes: Elaboración propia (2025).

En la Tabla N°1 se presenta el levantamiento de señalización vertical, correspondiente al tramo de estudio analizado. Los resultados del levantamiento de información evidencian la presencia de un total de treinta y ocho (38) señales

verticales, distribuidas en tres categorías principales. De este total, un 73,68 % corresponde a señalización preventiva, un 15,79 % a señalización reglamentaria y el restante 10,53 % a señalización informativa.

Gráfico 1. Clasificación de la Señalización Vertical.

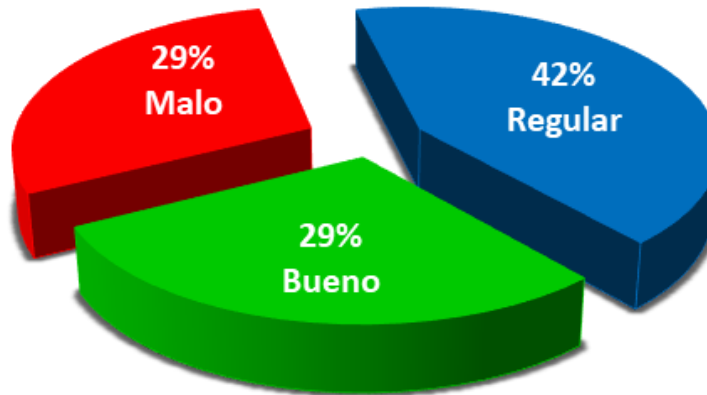


Fuentes: Elaboración propia (2025).

El predominio de la señalización preventiva en el tramo evaluado pone de manifiesto la importancia otorgada a la anticipación de riesgos y advertencias en la vía, contribuyendo así a mejorar las condiciones de seguridad vial, ya que este tramo es conocido nacionalmente por su peligrosidad.

Asimismo, el levantamiento de campo permitió determinar el estado de conservación de la señalización vertical existente. Los resultados indican que un 29 % de las señales se encuentran en buen estado de conservación, un 42 % presentan un estado regular, mientras que un 29 % adicional se clasifica en mal estado. Esta distribución evidencia que un porcentaje significativo de la señalización presenta condiciones que podrían comprometer su visibilidad, legibilidad y, en consecuencia, su efectividad funcional.

Gráfico 2. Estado físico de la Señalización.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

2.3.2. Levantamiento de la señalización horizontal en campo.

Tabla 2. Levantamiento de Señalización Horizontal.

Ítem	Clasificación	Nombre	Malo	Regular	Bueno	Total
1	Líneas longitudinales	Línea blanca continua	10.75 km	7.25 km	0.00 km	18.00 km
2		Línea amarilla continua	6.78 km	2.22 km	0.00 km	9.00 km
3	Marcas transversales	Paso peatonal	1	1	0	2
4		Escuela	0	2	0	2

Fuentes: Elaboración propia (2025).

En la tabla 2 se presenta el levantamiento de señalización horizontal, correspondiente al tramo de estudio analizado. Los resultados evidencian la presencia de diversos elementos de señalización horizontal, los cuales cumplen un rol fundamental en la organización del tránsito, la guía visual para los usuarios de la vía y la promoción de condiciones seguras de circulación.

El total registrado comprende 18.0 km de línea blanca continua (9.0 km en la banda derecha y 9.0 en la banda izquierda), 9.0 km de línea amarilla continua, además de la presencia de 2 pasos peatonales y 2 señalizaciones de zona escolar.

En cuanto al estado de conservación de la señalización horizontal, se observa que, para la línea blanca continua, un 59,72 % (10.75 km) se encuentra en mal estado y un 40.28% (7.25 km) en estado regular; En el caso de la línea amarilla continua, un 75.33% (6,78 km) se clasifica en mal estado y un 24.67 % (2.2 km) en estado regular.

Respecto a los pasos peatonales, se registraron 2 unidades en total, 2 en estado regular, mientras que las señalizaciones correspondientes a zona escolar (2 en total) se distribuyen en: 1 en mal estado y 1 en estado regular.

Estos resultados permiten evidenciar que un porcentaje significativo de la señalización horizontal en el tramo estudiado presenta condiciones de conservación que podrían limitar su efectividad funcional, especialmente en lo que respecta a su visibilidad nocturna y durabilidad bajo condiciones climáticas adversas. Destaca particularmente el elevado porcentaje de líneas continuas (tanto blancas como amarillas) en mal estado, situación que podría afectar negativamente la seguridad vial, especialmente en un tramo que, como se ha señalado, posee características de alta peligrosidad y demanda una señalización horizontal claramente visible.

2.4. Conclusión

El inventario vial realizado en el tramo Wale – Santa María de Pantasma permitió obtener una visión integral del estado actual de la infraestructura vial, especialmente en lo referente a los dispositivos de señalización vertical y horizontal, elementos que constituyen la base de la seguridad operativa de cualquier carretera.

Mediante el levantamiento técnico y la clasificación de señales existentes, se comprobó que una parte considerable del tramo carece de señalización adecuada, tanto en cantidad como en ubicación, lo cual representa un riesgo potencial para los usuarios y refleja una deficiencia significativa en la gestión y mantenimiento vial.

El análisis evidenció que las señales reglamentarias y preventivas son escasas o inexistentes en sectores críticos particularmente en curvas cerradas, pendientes prolongadas y zonas de cruce peatonal, mientras que las marcas horizontales presentan un alto grado de desgaste o ausencia total. Esta falta de dispositivos de advertencia impide que los conductores cuenten con la información visual necesaria para anticipar maniobras o condiciones de riesgo, incrementando la probabilidad de siniestros viales por fallas humanas asociadas a la falta de orientación y advertencia oportuna.

Asimismo, el inventario permitió documentar la carencia de señalización complementaria, como delineadores, ojos de gato y defensas reflectivas, que son fundamentales para reforzar la visibilidad en condiciones de niebla o poca iluminación, muy comunes en esta región montañosa.

La ausencia de estos elementos reduce los márgenes de seguridad nocturna y la percepción de límites de la calzada, generando un entorno vial poco legible que aumenta el riesgo de salida de vía y colisiones frontales.

En términos generales, los resultados obtenidos confirman que la deficiente señalización constituye uno de los principales factores que inciden en la inseguridad vial del tramo. La inexistencia de un sistema de señalización uniforme, visible y normativamente alineado con los criterios establecidos por la SIECA (2000) y el Manual de Señalización Vial del MTI 2021, compromete la seguridad de los usuarios y contribuye indirectamente al aumento de los índices de accidentabilidad registrados en la zona.

Por tanto, el presente inventario no solo cumple una función descriptiva, sino que se convierte en una herramienta diagnóstica esencial para la planificación de la propuesta de señalización vial. Los hallazgos obtenidos permiten priorizar las zonas de intervención, establecer criterios de diseño basados en la realidad del terreno y orientar la implementación de medidas correctivas que favorezcan la reducción de accidentes y el ordenamiento del tránsito vehicular y peatonal.

En síntesis, el inventario vial constituye el punto de partida técnico y analítico sobre el cual se fundamenta la propuesta de señalización, orientada a transformar un corredor de alto riesgo en una vía más segura, funcional y visualmente coherente con las normas vigentes.

CAPITULO III. AFORO DE TRANSITO



3.1. Introducción

El aforo de tránsito, también denominado aforo vehicular, se define como el procedimiento técnico mediante el cual se cuantifica el volumen de vehículos que circulan por una vía, intersección o eje vial en un periodo de tiempo determinado. Esta operación constituye una de las técnicas fundamentales de la ingeniería de tránsito, ya que provee datos esenciales para evaluar el flujo vehicular, la capacidad vial y la eficiencia de la red de transporte (Rodríguez, 2015).

Según la ([AASHTO], American Association of State Highway and Transportation Officials, 2001), el aforo vehicular es la “observación y registro sistemático de la cantidad y características del tránsito que circula por un punto o tramo de la red vial, con el fin de generar información confiable para la toma de decisiones en planificación, diseño y gestión del transporte”.

3.2. Generalidades

3.2.2. Importancia

El aforo es de gran importancia ya que es la base para:

- EL diagnóstico de movilidad, este permite determinar la intensidad y distribución del tráfico en un área.
- Diseño vial y estructural, estos son los datos del aforo los cuales son indispensables para el cálculo de espesores de pavimento, diseño geométrico y determinación de capacidad.
- Gestión del tránsito, la cual posibilita la identificación de puntos críticos de congestión y la evaluación de alternativas de mejora.
- Planificación del transporte público y privado, los resultados de este permiten diseñar rutas, horarios y sistemas de control de tráfico.

En este sentido, el aforo no solo es un procedimiento de conteo, sino una herramienta estratégica que orienta la sostenibilidad de la movilidad urbana y regional (Mapa Urbano Ingeniería, 2025).

3.2.3. Tipos de aforo vehicular

Existen diversos métodos para la realización de aforos, cuya elección depende de los objetivos del estudio, la precisión requerida, los recursos disponibles y las características del entorno. Entre los principales tipos se encuentran:

Aforo manual: Consiste en el conteo directo de vehículos por parte de observadores capacitados, generalmente utilizando fichas o dispositivos portátiles. Es útil en zonas con bajo volumen de tránsito o donde las condiciones físicas dificultan la instalación de equipos automáticos.

Aforo automático: Se realiza mediante dispositivos electrónicos como tubos neumáticos, lazos inductivos, sensores infrarrojos o cámaras de video. Permite obtener datos continuos con menor margen de error humano, aunque requiere infraestructura y mantenimiento adecuados.

Aforo mixto: Combina observación manual y tecnologías automáticas, y es recomendable en contextos complejos donde se requiere complementar los datos con observaciones cualitativas del entorno vial. (Mapa Urbano Ingeniería, 2025).

Para el presente estudio se ha optado por un aforo manual clasificado, dada la complejidad topográfica del área de estudio y la imposibilidad técnica de implementar sensores automáticos de forma eficiente.

3.3. Procesamiento de Datos.

Una vez finalizada la etapa de recolección de datos mediante el aforo manual, se procede a su organización, tabulación y análisis. Esta fase resulta esencial para transformar los registros en bruto en información significativa que permita caracterizar el comportamiento del flujo vehicular a lo largo del periodo de observación.

3.3.1. Organización y tabulación de datos.

Los datos obtenidos se organizaron en matrices de frecuencia horaria, determinado por tipo de vehículo en este caso livianos (automóviles de pasajeros, camionetas, furgonetas y algunos vehículos comerciales), pesados, motocicletas, vehículos de tracción humana y animal y por intervalo de tiempo. Esta clasificación permite identificar patrones de circulación, diferenciar los picos de demanda y establecer correlaciones entre el tipo de

vehículo y el comportamiento del tránsito. Esta información permite desglosar el volumen de tránsito por categorías vehiculares, facilitando posteriores análisis de capacidad, demanda y diseño geométrico.

3.3.2. Cálculos fundamentales de tránsito.

Cálculo del Volumen Vehicular Horario.

El volumen vehicular horario (V) se define como el número total de vehículos que transita por una sección de la vía durante un periodo de una hora. Representa una de las variables básicas del análisis de tránsito y constituye la base para estimar la intensidad, la capacidad vial y los niveles de servicio.

Fórmula 1. Cálculo volumen vehicular horario.

$$\text{Fórmula: } V = \sum \frac{Vi}{n} \rightarrow V = \sum \frac{1,064 \text{ veh}}{12} \rightarrow V = 89 \text{ veh}$$

Donde:

Vi: volumen promedio diario.

n: número total de horas de conteo.

Este indicador permite determinar qué hora del día presenta el mayor nivel de demanda, lo cual es esencial para el diseño de intersecciones, semáforos o adecuaciones geométricas.

Volumen Horario Máximo (VHM).

El volumen horario máximo (VHM) corresponde al mayor número de vehículos registrados en una sola hora durante el periodo de observación. Es un parámetro clave para dimensionar la capacidad mínima que debe ofrecer la vía sin incurrir en congestión.

Fórmula 2. Volumen Horario Máximo

$$\text{Fórmula: } VHM = \max(V1, V2, \dots, Vn) \rightarrow VHM = 151 \text{ veh}$$

Este valor representa la carga de tránsito crítica a la que puede estar sometido el sistema vial y, por tanto, se utiliza como referencia en el dimensionamiento de la sección transversal, la señalización y el equipamiento vial.

Volumen Promedio Diario (VPD).

Cuando se dispone de datos de varios días, puede calcularse el volumen promedio diario (VPD) como indicador representativo de la demanda vehicular cotidiana. En estudios de un solo día típico, como el presente, este valor coincide con el volumen total del día.

Fórmula 3. Volumen Promedio Diario

$$\text{Fórmula: } VPD = \frac{\sum_{i=1}^n V_{\text{diario}}}{n} \rightarrow VPD = \frac{1,186+954+1,052}{3} \rightarrow \mathbf{VPD = 1,064 veh}$$

Factor de Hora Pico (FHP o PHF).

El Factor de Hora Pico (FHP) mide el grado de concentración del flujo vehicular dentro de la hora más cargada del día. Cuanto menor es el valor del FHP, mayor es la variabilidad del flujo y menor la regularidad del tránsito.

Fórmula 4. Factor de Hora Pico

$$\text{Fórmula: } FHP = \frac{V_{\text{hora pico}}}{4 \times V_{\text{cuarto de hora más alto}}} \rightarrow FHP = \frac{151 \text{ veh}}{4 \times 42} \rightarrow \mathbf{FHP = 0.89}$$

Donde:

$V_{\text{hora pico}}$: Volumen hora pico mayor.

$V_{\text{cuarto de hora más alto}}$: Periodo de 15 min dentro de la hora pico con más volumen vehicular.

Este factor es útil para conocer si el volumen de tránsito está distribuido uniformemente o si se concentra en intervalos muy específicos, lo que tiene implicaciones directas sobre el diseño de carriles, ciclos semafóricos y accesos viales.

3.4. Tipos de Tránsito y Análisis de Volúmenes.

En el marco del análisis vial, es esencial comprender las diferentes expresiones del tránsito vehicular, tanto en su dimensión actual como proyectada. La caracterización del flujo vehicular permite evaluar el desempeño operativo de la infraestructura existente y

estimar el comportamiento futuro del sistema de transporte en función de la demanda proyectada.

Tránsito Actual (TA).

El tránsito actual se define como la cantidad de vehículos que circulan por una sección vial específica durante una unidad de tiempo determinada. Esta medición considera el flujo en ambas direcciones de la vía, y puede realizarse para corredores específicos o entre pares origen–destino. Su análisis constituye la base empírica sobre la cual se sustentan los estudios de capacidad vial, evaluación del nivel de servicio y diseño de mejoras geométricas.

Tránsito Futuro (TF).

El tránsito futuro corresponde a la proyección del flujo vehicular a partir del año en que se prevé la puesta en operación de una obra vial. Esta proyección permite anticipar el comportamiento de la demanda de transporte bajo condiciones de infraestructura mejorada, considerando tanto el crecimiento natural del tránsito como los efectos inducidos por la intervención vial. El tránsito futuro se descompone en tres componentes fundamentales:

- Tránsito normal: Representa el crecimiento orgánico del tránsito bajo condiciones naturales, independiente de la mejora vial proyectada.
- Tránsito atraído: Corresponde a la fracción del flujo vehicular que se incorpora al corredor vial como resultado del impacto positivo del proyecto en términos de accesibilidad, conectividad y reducción de tiempos de viaje.
- Tránsito generado: Se refiere al nuevo tránsito inducido por los ahorros en los costos de operación vehicular y por la mejora en las condiciones de circulación.

Análisis de Volúmenes de Tránsito.

El volumen de tránsito constituye una de las variables fundamentales en la ingeniería del transporte. Se define como la cantidad de vehículos que cruza una sección transversal de la vía durante un intervalo de tiempo específico. Esta magnitud se obtiene mediante

aforos volumétricos y se expresa comúnmente en unidades de vehículos por hora (veh/h) o por día (veh/día).

Para el análisis detallado de la intensidad vehicular, se utilizan distintos indicadores de volumen promedio según la unidad temporal considerada:

Tránsito promedio diario anual (TPDA).

Este se define como el número total de vehículos registrados a lo largo de un año, dividido entre los 365 días del año. Este valor ofrece una visión general y estable del comportamiento anual del tránsito.

Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM).

Este representa el volumen promedio diario de vehículos durante un mes específico. Se obtiene dividiendo el tránsito total mensual entre el número de días calendario del mes correspondiente.

Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS).

Este refleja el flujo promedio de vehículos registrado durante una semana, calculado como el cociente entre el tránsito semanal total y los siete días que la componen.

Tránsito Promedio Diario (TPD).

El TPD se refiere al promedio diario de vehículos durante un periodo determinado, el cual puede variar entre 1 y 365 días, siempre que se trate de días completos y consecutivos.

Este conjunto de indicadores permite construir un esquema preciso del comportamiento del tránsito en diferentes escalas temporales, facilitando así la evaluación del nivel de servicio, la programación de mantenimiento vial y la planificación de futuras intervenciones de infraestructura.

3.5. Clasificación Vehicular y Estructura del Tránsito.

El aforo vehicular no se limita al conteo total de unidades que circulan por una vía determinada; es indispensable identificar la composición del flujo vehicular según las categorías de vehículos involucradas. Esta distinción reviste particular importancia, dado

que cada tipo de vehículo presenta características operativas, dimensiones físicas y efectos diferenciados sobre la infraestructura vial y la seguridad del tránsito.

Desde un enfoque técnico, la clasificación vehicular permite determinar la estructura del tránsito y valorar el impacto relativo que ejercen las distintas categorías sobre el diseño geométrico de la vía, el desgaste del pavimento y la capacidad vial. Vehículos pesados como autobuses y camiones de carga generan mayores esfuerzos estructurales sobre la carpeta de rodadura y demandan mayores radios de giro y longitudes de frenado, mientras que motocicletas y vehículos livianos presentan dinámicas de circulación más ágiles, aunque también pueden incrementar los riesgos de siniestralidad en condiciones de alta densidad vial.

En el presente estudio se utilizó una clasificación simplificada, agrupando los vehículos en cuatro categorías principales:

- **Vehículos livianos:** Incluye automóviles, camionetas, pick-ups y microbuses con dos ejes y sin carga significativa.
- **Vehículos pesados:** Abarca camiones rígidos, cabezales, autobuses y volquetes, generalmente superiores a dos ejes y con gran masa vehicular.
- **Motocicletas:** Comprende motocicletas de dos y cuadriciclos de cuatro ruedas utilizadas comúnmente para transporte personal.
- **Vehículos agrícolas y de construcción:** Comprende toda aquella maquinaria destinada para el sector agrícola y la maquinaria amarilla utilizada en la construcción.
- **Vehículos de tracción humana o animal:** Incluye a todos los medios de transporte que se desplazan gracias a la fuerza ejercida directamente por animales o personas.

3.6. Obtención de volúmenes de tránsito.

Los resultados obtenidos permiten establecer la estructura vehicular de la vía en estudio, identificando una proporción dominante de vehículos livianos, así como una presencia relevante de vehículos pesados, lo cual resulta coherente con la dinámica productiva y

en crecimiento de la zona. Asimismo, se registra un número especialmente significativo de motocicletas, reflejando una modalidad de transporte predominante en contextos rurales, donde la accesibilidad, los costos operativos y las características topográficas influyen en la elección del medio de desplazamiento. Adicionalmente, se identificó un pequeño, pero no despreciable porcentaje de vehículos de tracción humana y animal, cuya presencia evidencia condiciones socioeconómicas particulares y la persistencia de medios de transporte tradicionales, especialmente en áreas con limitaciones de infraestructura vial.

3.7. Presentación de resultados.

Durante la primera semana del mes de septiembre del año 2025, se llevaron a cabo tres conteos vehiculares en el tramo objeto de estudio. Dichos conteos se efectuaron en dos zonas diferenciadas del corredor vial, seleccionadas estratégicamente para representar las condiciones promedio del flujo vehicular en el área.

Cada jornada de aforo se realizó bajo un periodo continuo de observación de 12 horas, comprendido entre las 6:00 a.m. y las 6:00 p.m., con el propósito de registrar la variación horaria del tránsito y caracterizar la distribución de los diferentes tipos de vehículos que circulan por el tramo.

Los resultados obtenidos en los conteos vehiculares se presentan a continuación en las tablas correspondientes, donde se detallan las categorías de vehículos, sus frecuencias de paso y los volúmenes totales registrados para cada intervalo de tiempo establecido.

Tabla 3. Resultados obtenidos de los conteos vehiculares.

N°	Fecha	Veh. Livianos	Buses	Vehículos pesados		Motos	Vehículos de tracción humana o animal	Maq. Agrícola o de construcción	Vol. Vehicular total
				Camiones	Cabezas				
1	1/9/2025	686	21	135	41	270	29	4	1186
2	3/9/2025	520	20	111	30	251	20	2	954
3	5/9/2025	631	22	59	36	276	25	3	1052
Total		1837	63	305	107	797	74	9	3192

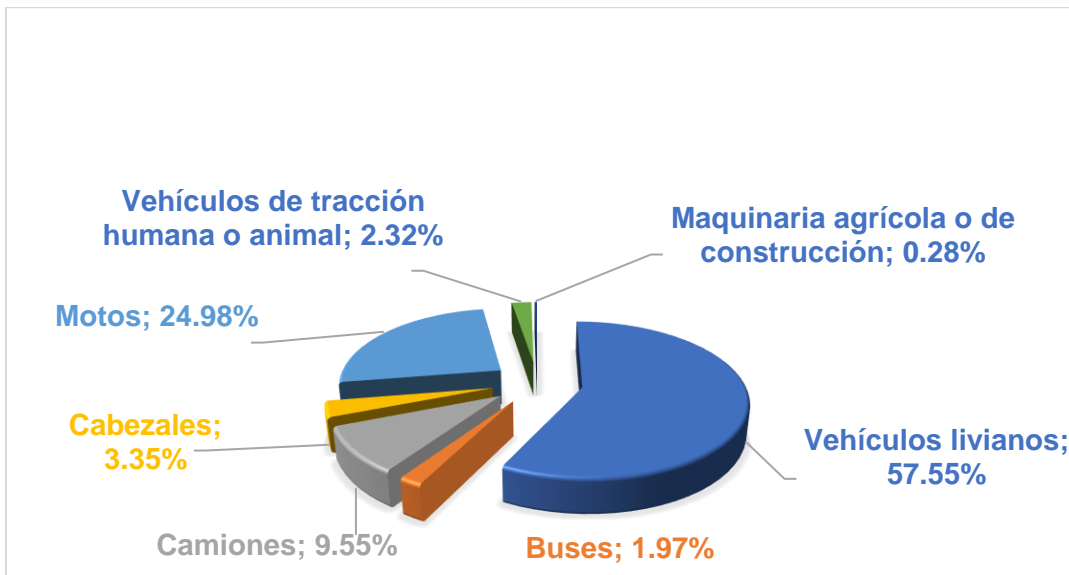
Fuentes: Elaboración propia (2025).

Los conteos vehiculares realizados arrojaron un volumen total de 3,192 vehículos. Este valor refleja la intensidad del tránsito en el punto de observación y constituye la base para la determinación de la composición vehicular. Estos nos permitieron identificar las fluctuaciones de flujo vehicular y la predominancia de ciertas categorías de transporte, proporcionando una visión integral de la movilidad en la zona de estudio.

Distribución por Tipo de Vehículo.

A partir del total de 3,192 unidades vehiculares, la distribución por categoría se presenta de la siguiente manera:

Gráfico 3. Distribución porcentual del tránsito vehicular.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Estos porcentajes se obtienen considerando el volumen vehicular total como referencia, permitiendo así dimensionar el peso relativo de cada tipo de transporte dentro del flujo general.

Interpretación de la Composición Vehicular.

El análisis evidencia una marcada dominancia de los vehículos livianos, que representan más de la mitad del flujo total (57.57 %), seguidos por las motocicletas (24.98 %), las cuales también reflejan un uso significativo de este medio de transporte, posiblemente vinculado a la accesibilidad económica y la eficiencia en la circulación urbana.

Los vehículos de carga (camiones y cabezales), suman conjuntamente un 12.91 % del total, lo que sugiere una presencia moderada de transporte pesado, posiblemente relacionada con actividades de distribución, abastecimiento o movimiento de materiales hacia zonas industriales o de construcción.

Por su parte los buses representan un 1.97 %, lo cual indica un bajo nivel de transporte colectivo, lo que puede reflejar una dependencia mayor del transporte privado o de motocicletas para la movilidad cotidiana.

Finalmente, los vehículos de tracción humana o animal (2.32 %) y la maquinaria agrícola o de construcción (0.28 %) evidencian una presencia marginal, pero relevante desde el punto de vista del carácter mixto del tránsito en la zona, donde coexisten vehículos modernos y medios tradicionales o de uso técnico específico.

Análisis Comparativo de los Tres Días de Aforo.

En el primer día de conteo (01 de septiembre) se contabilizó un total de 1 186 vehículos, siendo el volumen diario más alto de los tres registros. Este comportamiento puede estar asociado a un mayor flujo al inicio de la semana, cuando se intensifican los desplazamientos laborales, comerciales y académicos.

El segundo conteo (03 de septiembre) mostró un descenso a 954 vehículos, reflejando posiblemente una disminución temporal del tráfico o una variación habitual del patrón semanal.

Finalmente, el tercer conteo (05 de septiembre) registró 1 052 vehículos, evidenciando una leve recuperación del flujo y manteniendo un nivel medio-alto de circulación.

El volumen consolidado de 3 192 vehículos demuestra la heterogeneidad del tránsito en la zona de estudio, donde predomina el transporte liviano con 1 837 unidades (57.6 % del total), seguido de las motocicletas (24.9 %) y, en menor proporción, los vehículos de carga (camiones y cabezales) con un 12.9 % conjunto. Esta composición vehicular refleja una predominancia del transporte individual motorizado, indicador característico de áreas urbanas o periurbanas con limitada cobertura de transporte público.

El análisis general del aforo permite inferir que el sitio evaluado mantiene un tránsito mixto, con coexistencia de diferentes tipos de vehículos que comparten la infraestructura vial. Este comportamiento puede generar conflictos operacionales y restricciones de capacidad, especialmente durante las horas de mayor demanda, aspecto que se analiza en detalle en el apartado de volumen de hora pico.

Asimismo, los resultados obtenidos constituyen una base cuantitativa esencial para posteriores procesos de evaluación de niveles de servicio, capacidad vial, modelación

del flujo y planificación del transporte, en los que el volumen total y la composición vehicular actúan como variables determinantes.

En términos generales, los conteos realizados ponen en evidencia una actividad vehicular considerable y sostenida, representativa de un entorno vial activo, donde la interacción entre vehículos livianos, motocicletas y unidades de carga influye directamente en la fluidez, seguridad y funcionalidad del sistema de transporte. Por tanto, la información contenida en la Tabla N.º 2 no solo cuantifica la magnitud del tránsito, sino que también caracteriza su estructura y comportamiento, sirviendo como insumo técnico indispensable para el diagnóstico y la toma de decisiones en materia de ingeniería de tránsito y movilidad urbana.

Conclusiones Técnicas

- El flujo vehicular total de 3,192 unidades indica una intensidad de tránsito media-alta, representativa de un eje vial con relevancia funcional dentro del sistema de movilidad rural.
- La composición vehicular está dominada por los vehículos livianos y motocicletas, los cuales concentran más del 82 % del total, reflejando una clara dependencia del transporte individual.
- La baja proporción de transporte colectivo (buses) sugiere oportunidades de mejora en la oferta de transporte público, con el fin de disminuir la saturación vial y los niveles de emisiones.
- La presencia moderada de transporte pesado evidencia la coexistencia de flujos mixtos que podrían influir en el deterioro del pavimento, la capacidad vial y el correcto funcionamiento de la circulación.
- En términos de planificación vial, los resultados obtenidos a partir de los aforos vehiculares constituyen un insumo esencial para la formulación de políticas de gestión del tránsito, jerarquización de la red vial y regulación del transporte pesado. Sin embargo, una de las recomendaciones más relevantes derivadas de este estudio es la implementación integral de un sistema de señalización vial

eficiente y actualizado, tanto vertical como horizontal, en los puntos evaluados. La señalización adecuada no solo contribuye a ordenar el flujo vehicular y peatonal, sino que también refuerza la seguridad vial, reduce los niveles de conflicto en intersecciones y mejora la percepción de control por parte de los usuarios. En consecuencia, la planificación del tránsito debe incorporar la señalización como un componente estructural de la infraestructura vial, articulada con las políticas de movilidad sostenible, el diseño geométrico y las estrategias de control operativo del transporte.

3.7.1. Volumen hora pico.

- **Análisis del Volumen de Hora pico (vhp) y su Incidencia en el flujo diario.**

Tabla 4. Registros de volúmenes observados en Hora pico (VHP).

FECHA	HORA PICO	TOTAL (VHP)
Lunes, 01 de septiembre de 2025	6:00 am - 7:00 am	151
Miércoles, 03 de septiembre de 2025	6:00 am - 7:00 am	125
Viernes, 05 de septiembre de 2025	7:00 am - 8:00 am	128

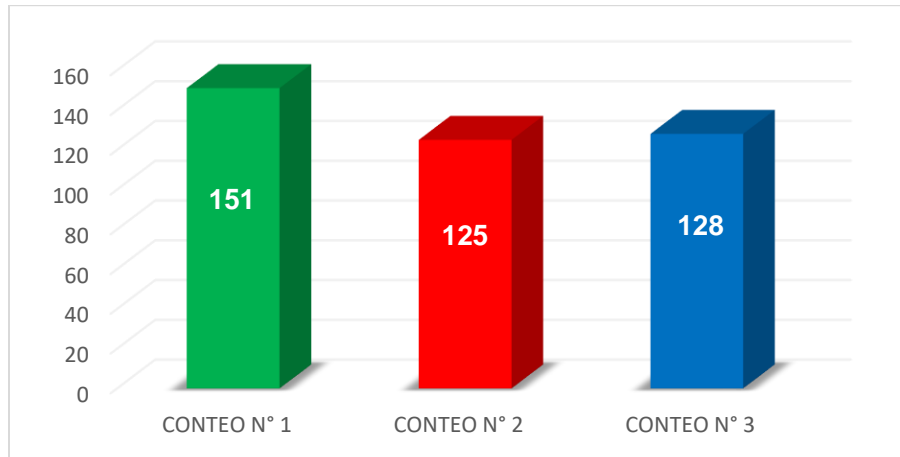
Fuentes: Elaboración propia (2025).

Conteo 1: 06:00 am - 07:00 am → 151 veh/h (total diario: 1 186).

Conteo 2: 06:00 am - 07:00 am → 125 veh/h (total diario: 954).

Conteo 3: 07:00 am - 08:00 am → 128 veh/h (total diario: 1 052).

Gráfico 4. Volúmenes de hora pico.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

El Volumen de hora pico (vhp), se interpreta aquí como el flujo máximo observado en un intervalo de una hora dentro de cada jornada de aforo. Se contrasta contra su volumen diario para estimar el factor K, que es la proporción del día que concentra la hora crítica.

- **Indicadores claves por día.**

Tabla 5. Cálculo de indicadores claves de tránsito.

CONTEO N°	INTERVALO DE HORA PICO	TOTAL (VHP)	TOTAL, DIARIO (VEH)	K= VHP / TOTAL DIARIO	VHP (VEHICULOS / MINUTO)
1	6:00 am - 7:00 am	151	1186	12.73%	2.52
2	6:00 am - 7:00 am	125	954	13.10%	2.08
3	7:00 am - 8:00 am	128	1052	12.17%	2.13

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Observaciones inmediatas:

- El mayor VHP absoluto se presenta en el conteo n ° 1 (151 veh/h).
- Aunque en el conteo n ° 2 registra menos vehículos en la hora pico (125), su K es el más alto (13.10 %) esto debido a un total diario menor, es decir, la hora pico concentra una fracción mayor del día.
- En el conteo n ° 3 la hora pico se desplaza a 07:00 am - 08:00 am, manteniendo una intensidad cercana a los otros días (128 veh/h) y un K todavía dentro del mismo rango (12.17 %).

Estabilidad y variabilidad.

- **El promedio de VHP** de los 3 conteos es de 134.67 veh/h.
- **La desviación estándar**, es 14.18 vehículos por hora, lo que quiere decir que, en promedio, cada valor del VHP se separa del promedio solo unos 14 vehículos. Eso es poco, así que los días fueron bastante parecidos en cantidad de vehículos en la hora pico, esto se obtiene con la siguiente formula:

Fórmula 5. Desviación estándar

$$DE = \sqrt{\frac{\sum(VI - \%VHP)^2}{n}}$$

$$DE = \sqrt{\frac{\sum(402.35 - 134.67)^2}{3}}$$

$$DE = 14.18 \text{ veh/h}$$

Donde:

DE: Desviación estándar

VI: cada valor individual (por ejemplo, el VHP de cada día)

%VHP: promedio de todos los valores

n: número total de valores (número de conteos)

∑: símbolo que indica que se suman todas las diferencias al cuadrado

- **Coefficiente de variación (CV)**

Es una forma de comparar la desviación con el promedio, pero está en porcentaje.

Fórmula 6. Coeficiente de variación

$$CV = \frac{\text{Desviación Estandar}}{\text{Promedio de VHP}} \rightarrow CV = \frac{14.18 \text{ veh/h}}{134.67 \text{ veh/h}} \rightarrow CV = 10.53\%$$

El coeficiente de variación es del 10.53%, esto quiere decir que es una variabilidad baja o moderada.

Los datos recolectados mediante el conteo sistemático de vehículos posibilitan el diagnóstico real de las condiciones de movilidad, lo cual es indispensable para la formulación de estrategias de gestión del tránsito, el diseño geométrico de vías, la determinación de capacidades viales y la planificación de futuras intervenciones. Asimismo, el aforo vehicular proporciona la base cuantitativa necesaria para modelar el comportamiento del transporte, evaluar los niveles de servicio y establecer políticas de seguridad vial orientadas a reducir la congestión y los riesgos de accidentes.

De igual forma, el análisis de los resultados del aforo permite identificar los patrones de circulación predominantes, como la participación de los distintos tipos de vehículos, los intervalos de hora pico y la relación entre el volumen total y las características del entorno. Esta información se traduce en un insumo técnico valioso para proyectos de señalización, mantenimiento y rehabilitación vial, así como para la toma de decisiones en la planificación territorial y urbana.

En síntesis, el desarrollo del aforo vehicular en la presente investigación permitió caracterizar de manera integral el tránsito del área de estudio, revelando su estructura, comportamiento y nivel de intensidad. Dichos resultados constituyen un pilar fundamental para los capítulos posteriores, orientados al análisis de la accidentabilidad, la evaluación de la capacidad vial y la propuesta de señalización complementaria, consolidando así un proceso metodológico riguroso y coherente con los principios de la ingeniería de tránsito.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE ACCIDENTABILIDAD



4.1. Introducción

El análisis de accidentabilidad vial constituye una de las fases más relevantes dentro del diagnóstico integral de una vía, ya que permite identificar las condiciones de seguridad existentes y evaluar los factores que influyen directamente en la ocurrencia de siniestros. Este estudio forma parte del proceso general de diagnóstico de señalización y estado vial del tramo objeto de análisis, complementando el inventario vial, el levantamiento físico y el aforo de tránsito previamente realizados.

El propósito fundamental de esta etapa es determinar la magnitud, distribución y características de los accidentes ocurridos en el tramo durante un periodo determinado, con el fin de reconocer los puntos críticos o zonas de mayor riesgo y orientar la toma de decisiones en materia de gestión y planificación vial. Asimismo, el análisis busca establecer la relación entre el estado de la señalización existente y la incidencia de los accidentes, permitiendo valorar la eficacia de las medidas de seguridad implementadas.

El análisis de accidentabilidad involucra el estudio de múltiples variables, entre ellas la localización de los accidentes, su gravedad, las causas probables, los tipos de usuarios involucrados y las condiciones físicas o ambientales en que sucedieron. Estos elementos son fundamentales para comprender la dinámica del tránsito en el tramo y proponer acciones que reduzcan el riesgo de siniestralidad.

En términos metodológicos, el análisis se sustenta en la recopilación de registros históricos de accidentes provenientes de fuentes institucionales, tales como la Policía Nacional, el Ministerio de Transporte e Infraestructura o las alcaldías municipales. Posteriormente, la información se clasifica, procesa y analiza estadísticamente para determinar la distribución temporal, espacial y causal de los eventos registrados.

El período de análisis seleccionado debe ser suficientemente representativo por lo general, de tres a cinco años para garantizar la validez estadística de los resultados. En este caso, el estudio se circunscribe al tramo vial comprendido entre la localidad de Wale, Municipio de Santa María de Pantasma, Departamento de Jinotega, donde se ha evidenciado una concentración significativa de accidentes, especialmente en zonas con deficiencia de señalización vertical y horizontal.

A través de este análisis se pretende identificar los factores predominantes que intervienen en la generación de accidentes, así como cuantificar los niveles de riesgo existentes. La finalidad es establecer una base técnica que oriente futuras intervenciones viales, priorizando aquellas que contribuyan a mejorar la seguridad de los usuarios, reducir los índices de siniestralidad y optimizar el funcionamiento global del sistema vial del sector.

Finalmente, los resultados derivados del análisis de accidentabilidad no solo servirán para definir estrategias correctivas a corto plazo, sino también para sustentar la planificación de proyectos de señalización, control del tránsito y educación vial. De este modo, el estudio contribuirá de manera directa al fortalecimiento de la gestión de la seguridad vial en el tramo evaluado, alineándose con los principios de movilidad segura y sostenible promovidos por los organismos internacionales y nacionales.

De acuerdo con la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), un accidente de tránsito es un suceso no intencional que involucra al menos un vehículo en movimiento y que genera daños a personas, vehículos o infraestructura. ((OMS)., 2018).

En carreteras con condiciones geométricas complejas, como curvas sucesivas o cambios bruscos de pendiente, el factor “vía” adquiere especial relevancia. La topografía influye directamente en la visibilidad, la maniobrabilidad y la capacidad de reacción del conductor, factores que, combinados, determinan el nivel de riesgo operativo.

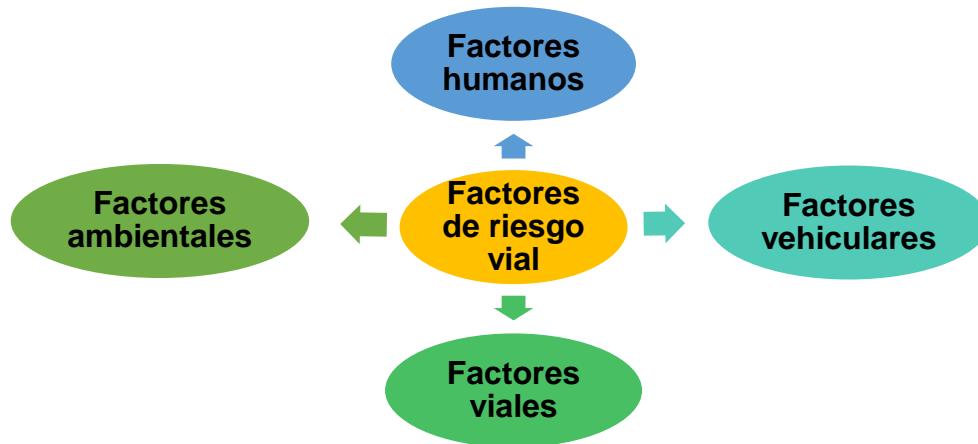
4.2. Factores de riesgo vial.

Los factores de riesgo vial son las condiciones o circunstancias que aumentan la probabilidad de que ocurra un accidente. Estos se clasifican en cuatro categorías:

1. Factores humanos: exceso de velocidad, distracción, conducción bajo efectos del alcohol o fatiga.
2. Factores vehiculares: fallas mecánicas.
3. Factores viales: deficiente señalización, curvas cerradas, pendientes prolongadas, calzada estrecha, deterioro del pavimento, entre otras.

- Factores ambientales: lluvias intensas, neblina, iluminación insuficiente o presencia de obstáculos naturales.

Gráfico 5. Factores determinantes de los accidentes de tránsito



Fuentes: Elaboración propia (2025).

En el tramo analizado, estos factores se combinan de manera crítica. La vía presenta geometría sinuosa, desniveles pronunciados y tramos con limitada visibilidad, lo que la convierte en una de las carreteras más peligrosas del país. A estas condiciones se suman deficiencias en señalización preventiva y restrictiva, lo cual incrementa el nivel de exposición al riesgo tanto para conductores locales como para usuarios en tránsito interurbano.

4.2.1. Severidad y consecuencias de los accidentes.

La severidad de los accidentes se relaciona con la magnitud de sus consecuencias, expresadas en términos de daños humanos y materiales. Generalmente, los accidentes se clasifican en tres niveles:

1. Accidentes leves, con daños menores y sin lesiones.
2. Accidentes graves, con lesiones o daños materiales importantes.
3. Accidentes fatales, que ocasionan la muerte de una o más personas.

En vías de montaña o relieve accidentado, la severidad de los accidentes tiende a ser mayor, debido a la energía cinética acumulada por las pendientes y la dificultad de maniobra en curvas. En el tramo de estudio, estas condiciones topográficas, combinadas

con la falta de dispositivos de contención lateral y la señalización deficiente, generan un escenario propicio para la ocurrencia de accidentes con consecuencias graves o mortales.

4.3. Indicadores de accidentabilidad

Para cuantificar el nivel de seguridad vial se utilizan diversos indicadores estadísticos, entre los cuales destacan:

4.3.1. Índice de frecuencia (IF): número de accidentes por unidad de tiempo o volumen vehicular.

Fórmula 7. Índice de frecuencia

$$IF = \frac{Na}{Vp} * 10,000 \rightarrow IF = \frac{492}{2,718,520 \text{ veh}} * 1,000 \rightarrow IF = 180.98 \text{ acc } 1,000 \text{ veh} - \text{ km}$$

Donde:

Na: número total de accidentes registrados en el período de estudio.

Vp: volumen total de vehículos que circularon por la vía durante ese período (o volumen promedio diario anual multiplicado por los días analizados).

1,000: factor de normalización, que expresa el resultado por cada 1,000 vehículos.

El índice de frecuencia refleja la cantidad de accidentes que ocurren en relación con el volumen total de tránsito y la longitud del tramo analizado. Un valor de 180.98 accidentes por millón de vehículos-kilómetro representa una frecuencia extremadamente alta, lo que evidencia que es un tramo propenso a la ocurrencia de siniestros.

En términos prácticos, significa que por cada millón de vehículos que recorren la vía, se registran casi 181 eventos de tránsito, lo cual supera ampliamente los rangos recomendados en carreteras de similares características según la AASHTO (2001) y las guías del MTI (2012), que establecen índices mucho menores en vías rurales de montaña.

Este resultado indica una problemática estructural de seguridad vial, posiblemente asociada a deficiente señalización, condiciones geométricas inadecuadas y escasa visibilidad en curvas cerradas.

4.3.2. Índice de severidad (IS): relación entre el número de víctimas y el total de accidentes, esta muestra la gravedad promedio de los accidentes.

Fórmula 8. Índice de severidad

$$IS = \frac{(3F+2G+L)}{Na} \rightarrow IS = \frac{(3(83)+2(229)+110)}{492} \rightarrow IS = 1.66 \%$$

Donde:

F: número de accidentes con fallecidos.

G: número de accidentes con heridos graves.

L: número de accidentes con lesiones leves o solo daños materiales.

Na: número total de accidentes.

El índice de severidad expresa la gravedad promedio de los accidentes. Un valor de 1.66% significa que, en promedio, por cada accidente registrado se generan entre una y dos víctimas (lesionados o fallecidos). Aunque el número parece bajo, en análisis comparativos representa un nivel de severidad considerable, ya que el umbral promedio en carreteras secundarias rurales suele oscilar entre 0.8 y 1.2 porciento.

Este comportamiento sugiere que los accidentes no solo son frecuentes, sino que tienden a provocar daños personales importantes, lo cual podría atribuirse a velocidades excesivas, ausencia de dispositivos de contención y señalización insuficiente de zonas críticas.

4.3.3. Tasa de accidentabilidad (TA): Este representa la cantidad de accidentes que ocurren en el tramo por cada millón de vehículos por kilómetro recorrido.

Fórmula 9. Tasa de accidentabilidad

$$TA = \frac{Na * 1,000,000}{Vp * 365 * L} \rightarrow TA = \frac{492 * 1,000,000}{1,064 * 365 * 9} \rightarrow TA = 140.76$$

Donde:

Na: número total de accidentes registrados.

Vp: volumen promedio diario anual (vehículos por día).

L: longitud del tramo analizado (en kilómetros).

365: días del año (o el número de días efectivamente analizados).

1,000,000: factor que expresa el resultado por millón de vehículos-kilómetro.

La tasa de accidentabilidad mide la proporción de accidentes respecto al parque vehicular o flujo promedio. Un valor de 140.76 accidentes por cada 100,000 vehículos es indicativo de una alta recurrencia de siniestros, lo cual sitúa el tramo por encima de los estándares de seguridad recomendados. Este resultado refleja una deficiencia en el control del tránsito y en las condiciones de seguridad vial. Esto confirma la necesidad de implementar medidas correctivas inmediatas, como el reforzamiento de la señalización preventiva, instalación de barreras metálicas y dispositivos reflectivos, así como campañas de educación vial.

4.3.4. Tasa de mortalidad (TM): número de fallecidos por cada 10,000 vehículos.

Este permite dimensionar la magnitud del daño humano ocasionado por los accidentes de tránsito.

Fórmula 10. Tasa de mortalidad

$$TM = \frac{Nf * 10,000}{Vp} \rightarrow TM = \frac{118 * 10,000}{2,718,520} \rightarrow TM: 0.43$$

Donde

Nf: número total de fallecidos en el período.

Vp: total de vehículos que circularon durante el período.

10,000: factores que expresan el resultado por cada 100,000 habitantes o por cada 10,000 vehículos, respectivamente.

Este indicador refleja la proporción de fallecidos en relación con el volumen de tránsito. Una tasa de 0.43 significa que, por cada 10.000 vehículos que circulan por el tramo, se registra casi medio fallecimiento. Aunque el valor pueda parecer bajo, en análisis de seguridad vial se considera críticamente alto, sobre todo cuando se combina con una

frecuencia elevada de accidentes. Este nivel de mortalidad sugiere que los siniestros ocurridos tienden a ser de alta energía, lo que evidencia una baja tolerancia del sistema vial ante errores humanos.

Los valores obtenidos para los cuatro indicadores muestran una situación alarmante en términos de seguridad vial. La combinación de una frecuencia extremadamente alta, una severidad significativa y una elevada tasa de accidentabilidad evidencia que el tramo analizado presenta una alta exposición al riesgo de accidentes y consecuencias severas para los usuarios.

La tasa de mortalidad confirma que, aunque el número de muertes por vehículo es bajo en términos absolutos, su proporción respecto al flujo vehicular total es preocupante.

Este escenario se asocia a deficiencias en la infraestructura vial, falta de señalización preventiva, ausencia de dispositivos de seguridad y condiciones topográficas adversas propias del tramo Wale - Pantasma.

4.4. Relación entre señalización y accidentabilidad.

La señalización vial cumple un papel esencial en la prevención de accidentes, al proporcionar al conductor la información necesaria para anticipar maniobras o ajustar la velocidad. La ausencia, deterioro o ubicación inadecuada de señales puede alterar la percepción del riesgo y provocar decisiones erróneas al volante.

En vías con alta complejidad geométrica y topográfica, como la carretera objeto de estudio, la señalización adquiere un valor crítico. Su correcta disposición en curvas, descensos prolongados o zonas de visibilidad reducida puede ser la diferencia entre una circulación segura y un siniestro. Por tanto, el análisis de accidentabilidad no puede desvincularse del estado de la señalización existente, siendo este un factor determinante en la magnitud del problema de seguridad vial.

Ilustración 9. Zona de alta accidentabilidad Est: 206 + 040.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

4.5. Importancia del análisis de accidentabilidad en la planificación vial.

El estudio de la accidentabilidad no solo permite identificar puntos críticos, sino que también constituye una herramienta de gestión preventiva. Su aplicación facilita la priorización de proyectos de mejora, la optimización de recursos públicos y la implementación de políticas de seguridad vial.

En el contexto del tramo analizado considerado como una de las carreteras más peligrosas del país, este análisis adquiere relevancia estratégica, ya que sus resultados orientarán las acciones de corrección y mantenimiento que deben adoptarse para reducir la siniestralidad. De esta forma, el análisis de accidentabilidad se convierte en un componente esencial del diagnóstico vial integral y una referencia técnica para la toma de decisiones a nivel institucional. (Secretaría de comunicaciones y transportes., 2011)

4.6. Metodología de Análisis de Accidentabilidad.

La metodología adoptada permite garantizar la confiabilidad de los resultados, así como su coherencia con los objetivos del diagnóstico vial integral, orientado a evaluar las condiciones de seguridad y el nivel de riesgo operativo de la vía, considerada una de las más peligrosas del país por su compleja topografía y su elevada frecuencia de siniestros.

4.6.1. Fuentes de información.

La información utilizada en el análisis proviene de fuentes primarias y secundarias, lo que permitió construir una base de datos representativa y actualizada comprendida entre el año 2019 al mes de septiembre del año 2025.

4.6.1.1. Fuentes primarias:

- Registros oficiales de la Policía Nacional del municipio de Santa María de Pantasma, correspondientes a los accidentes de tránsito ocurridos durante el período 2025.
- Entrevistas realizadas a agentes policiales encargados de la sección de tránsito, conductores y habitantes del sector, con el propósito de obtener información cualitativa sobre las causas más frecuentes de los siniestros.
- Encuestas aplicadas a usuarios de la vía, con el fin de conocer su percepción sobre el estado de la señalización, las condiciones de visibilidad y los puntos considerados peligrosos.

4.6.1.2. Fuentes secundarias:

- Reportajes de noticiarios nacionales y locales, que documentan hechos relevantes de accidentes graves o fatales en el tramo analizado.
- Páginas web y medios digitales de información pública, que complementaron los registros oficiales y permitieron corroborar la ocurrencia de eventos reportados en distintas fechas.

4.6.2. Periodo y ámbito de estudio.

El análisis se circunscribe al año 2025, periodo durante el cual se recopilaron los registros más recientes y verificables de accidentes de tránsito. El tramo en estudio se ubica dentro del municipio de Santa María de Pantasma, en un corredor vial caracterizado por su topografía accidentada, presencia de curvas cerradas, pendientes pronunciadas y limitada visibilidad, condiciones que incrementan la probabilidad de siniestros, especialmente durante condiciones climáticas adversas.

4.6.3. Procedimiento de recolección de datos.

El proceso de recolección se desarrolló en tres etapas principales:

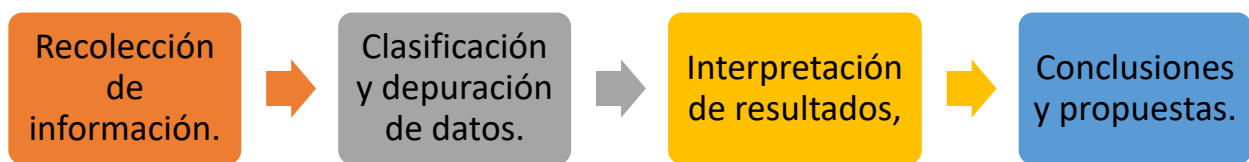
1. Levantamiento de información institucional, se gestionó ante la Policía Nacional el acceso a los registros oficiales de accidentes del año 2019 al 2025, los cuales incluyen tipo de accidente, fecha, ubicación, víctimas y causa probable.

2. Obtención de información complementaria, se recopilaron noticias y reportajes emitidos por medios locales y nacionales, que sirvieron como evidencia adicional para validar la ocurrencia y características de los siniestros reportados.

3. Trabajo de campo y entrevistas, se realizaron entrevistas directas a agentes de tránsito y a conductores habituales de la vía, para identificar los puntos considerados peligrosos y las causas más frecuentes de accidentes.

5. Aplicación de encuestas, se aplicaron encuestas a usuarios locales, con preguntas relacionadas con la señalización, el estado de la vía, las condiciones de visibilidad y los comportamientos de riesgo observados.

Gráfico 6. Diagrama de flujo metodológico del análisis de accidentabilidad.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

5.2.1. Clasificación y depuración de la información.

Una vez recopilados los datos, se procedió a su depuración y sistematización en hojas de cálculo, eliminando registros duplicados o con inconsistencias de ubicación y fecha.

Posteriormente, se establecieron las siguientes categorías de análisis:

- Tipo de accidente: choque, atropello, vuelco, salida de vía, colisión múltiple, etc.
- Causa probable: exceso de velocidad, distracción, falla mecánica, estado de la vía, condiciones climáticas.
- Condición de la vía: seca, mojada, con grava, en curva, en pendiente.
- Gravedad: leve, grave, fatal.
- Tipo de vehículo: liviano, pesado, motocicleta, bicicleta.
- Usuario afectado: conductor, pasajero, peatón.

5.2.2. Instrumentos de análisis y tratamiento de datos.

Los datos fueron analizados utilizando herramientas de estadística descriptiva, con apoyo en software como Microsoft Excel para la generación de gráficos de barras, histogramas, y diagramas circulares, y QGIS para la representación espacial de los puntos de accidente. (SIECA, 2000).

Se aplicaron los siguientes indicadores técnicos para la evaluación cuantitativa de la accidentabilidad:

1. Índice de Frecuencia (IF)
2. Índice de Severidad
3. Tasa de Accidentabilidad (TA)
4. Tasa de Mortalidad (TM)

Formulas aplicadas en indicadores de accidentabilidad.

Ítem	Descripción	Fórmula	Unidad de medida	Observaciones
1	Índice de frecuencia (IF)	$IF = \frac{Na}{Vp} * 10,000$	und	Frecuencia de los accidentes.
2	Índice de severidad (IS)	$IS = \frac{(3F + 2G + L)}{Na}$	porcentaje (%)	Gravedad promedio de los accidentes.
3	Tasa de accidentabilidad (TA)	$TA = \frac{Na * 1,000,000}{Vp * 365 * L}$	und	Nivel de riesgo en un tramo.
4	Tasa de mortalidad (TM)	$TM = \frac{Nf * 10,000}{Vp}$	und	Magnitud de daños humanos.

Fuentes: Elaboración propia (2025).

4.6.6. Criterios de interpretación y análisis.

El análisis de resultados se realizó atendiendo a los siguientes criterios técnicos:

- Frecuencia temporal: se determinó la distribución de accidentes por mes y hora del día, para identificar los períodos de mayor riesgo.
- Distribución espacial: se ubicaron los accidentes sobre un mapa base para detectar los tramos o puntos con mayor concentración de siniestros.
- Relación causal: se evaluó la correspondencia entre las causas más frecuentes y las condiciones geométricas del terreno o del clima.
- Relación con la señalización: se analizó el estado y disposición de las señales viales en los puntos donde se registran mayores índices de accidentalidad.

Estos criterios permiten establecer una visión integral de la seguridad vial en el tramo, considerando el factor humano, condiciones topográficas y mala infraestructura.

4.6.7. Validación y limitaciones del estudio.

Si bien los datos oficiales de la Policía Nacional constituyen la fuente más confiable, se reconocen ciertas limitaciones derivadas de la falta de registros completos o inconsistencias en la localización exacta de algunos eventos. Para compensar estas carencias, se recurrió al uso de encuestas y entrevistas, que permitieron validar la información y fortalecer la precisión del análisis.

Asimismo, contribuyeron a obtener una visión cualitativa del problema, identificando factores subjetivos como la percepción del riesgo, el comportamiento de los conductores y las condiciones visuales nocturnas.

4.6.8. Conclusiones sobre la metodología.

La combinación de métodos cuantitativos y cualitativos confiere al estudio un carácter integral, permitiendo abordar el fenómeno de la accidentabilidad desde una perspectiva técnica, social y territorial.

El enfoque metodológico adoptado se adecua a las particularidades del tramo en estudio, donde la topografía accidentada, la falta de señalización adecuada y las condiciones climáticas variables hacen necesario un análisis más detallado que en otros corredores viales del país.

4.7. Caracterización general de los accidentes.

El presente apartado expone los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico de los registros oficiales de la Policía Nacional - Delegación de Tránsito de Santa María de Pantasma, correspondientes al período 2019 - 2025. La información recopilada constituye la base para evaluar el comportamiento de la accidentabilidad vial en el tramo Wale -Pantasma, considerando todas las variables. Los datos fueron procesados en hojas de cálculo (Excel) y organizados de acuerdo con las categorías establecidas en la metodología, lo que permitió obtener una visión integral de la magnitud, distribución y severidad de los siniestros viales en el municipio.

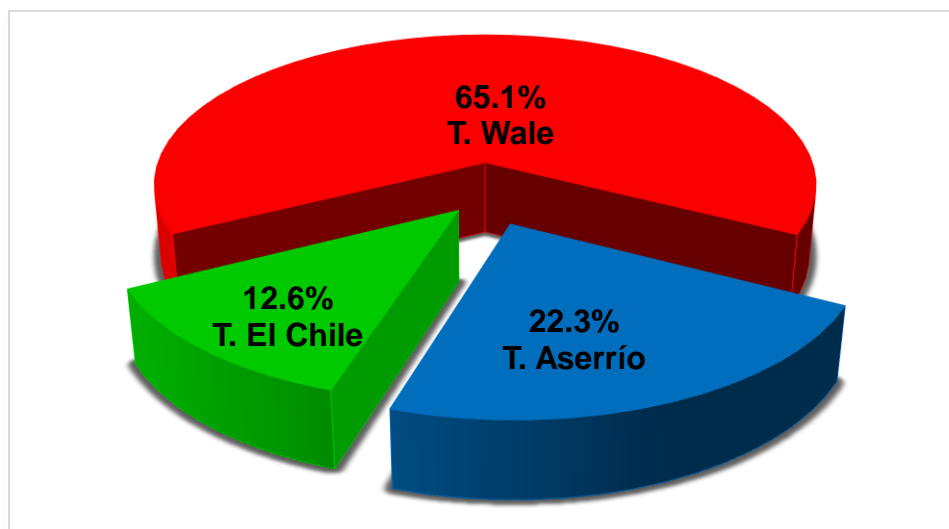
4.7.1. Número total de accidentes en el período.

Durante el período de estudio comprendido entre el año 2019 y 2025, se registraron 756 accidentes de tránsito dentro del municipio de Santa María de Pantasma.

De este total:

- Tramo Wale: 492 accidentes (65.1 %).
- Tramo Aserrió: 169 accidentes (22.3 %).
- Tramo El Chile: 95 accidentes (12.6 %).

Gráfico 7. Zonas con mayor accidentabilidad en el municipio de Pantasma.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Esta distribución evidencia una clara concentración de siniestros en el tramo Wale, lo cual se asocia directamente con su topografía montañosa, presencia de curvas cerradas y pendientes pronunciadas, factores que incrementan la probabilidad de pérdida de control y salidas de vía.

4.7.2. Distribución temporal de los accidentes.

Los registros históricos señalan que los meses de mayor accidentabilidad corresponden a enero, abril, noviembre y diciembre, periodos que coinciden con las temporadas festivas y con condiciones climáticas variables.

Durante estas etapas, el flujo vehicular aumenta considerablemente, especialmente por el tránsito intermunicipal y el transporte de carga, elevando los niveles de riesgo.

Asimismo, los datos anuales indican una tendencia al incremento de los siniestros a partir del año 2021, coincidiendo con un mayor parque vehicular y con el deterioro progresivo de la señalización vial existente. (Policía Nacional, 2025).

4.7.3. Distribución espacial y puntos críticos.

El análisis espacial permitió identificar tres puntos críticos principales dentro del tramo Wale - Pantasma, donde se concentra la mayor incidencia de accidentes.

Estos sectores presentan condiciones topográficas adversas y deficiencias de señalización preventiva:

Tabla 6. Puntos críticos de accidentabilidad en el tramo.

Ítem	Punto crítico	Ubicación	Características del tramo
1	Pila de agua	203+468	Pendiente prolongada y curva ciega
2	La Cascajera	205+176	Curvas consecutivas y calzada angosta
3	Entrada a Pantasma – Aserrío	208+236	Tramo mixto urbano - rural con alta circulación.

Fuentes: (Informe sobre la Accidentabilidad de Tránsito en Nicaragua., 2021).

Estos sectores deberán ser objeto de intervenciones prioritarias dentro de la propuesta de señalización complementaria.

4.7.4. Causas principales de los accidentes.

De acuerdo con los reportes oficiales, las principales causas de accidentes en el municipio son:

- Desconocimiento de las curvas y pendientes del tramo de Wale.
- Falta de señalización en la vía.
- Exceso de velocidad.
- Condiciones climáticas y topográficas adversas (niebla, lluvia).
- Estado de ebriedad de los conductores.

El análisis demuestra que el componente humano sigue siendo el principal detonante, aunque se ve potenciado por las condiciones físicas del terreno y la falta de dispositivos de advertencia.

4.7.5. Tipología de los accidentes.

En términos de tipo de siniestro, los casos más frecuentes registrados en el tramo Wale - Pantasma corresponden a colisiones frontales y laterales, salidas de vía, atropellos y vuelcos de vehículos pesados y motocicletas.

Estos tipos de accidentes no responden únicamente a factores humanos o mecánicos, sino que se encuentran estrechamente vinculados a la deficiente señalización vial existente a lo largo del corredor, la cual limita significativamente la capacidad de los conductores para anticipar condiciones de riesgo.

Las colisiones frontales y laterales se originan, en la mayoría de los casos, por la ausencia de señalización preventiva e informativa en curvas cerradas y zonas con calzada reducida. Al no existir advertencias visibles sobre la estrechez de la vía ni sobre la proximidad de curvas sucesivas, los conductores suelen invadir el carril contrario o realizar maniobras inapropiadas de adelantamiento, incrementando el riesgo de impacto frontal.

Las salidas de vía son frecuentes en sectores de pendientes pronunciadas, donde no se indican los límites de velocidad recomendados ni la inclinación de la pendiente, lo que

genera una falsa percepción de seguridad. La falta de señalización de velocidad máxima y de curvas peligrosas induce a los conductores, especialmente a los no habituales del tramo, a mantener velocidades superiores a las adecuadas, provocando pérdida de control del vehículo.

Los atropellos, por su parte, están relacionados con la carencia de dispositivos de advertencia y señalización peatonal en los tramos urbanos de ingreso y salida de las comunidades. La ausencia de señales verticales y demarcación horizontal en pasos de peatones dificulta la visibilidad y la prioridad del usuario vulnerable.

Finalmente, los vuelcos de camiones, rastras y motocicletas se asocian a curvas sin señalización de radio o sin dispositivos de contención lateral, donde las condiciones topográficas del terreno, sumadas a la falta de información visual en la vía provocan pérdida de estabilidad y salida del eje de circulación. En este tipo de accidentes, el factor estructural y de diseño vial juega un papel determinante.

En conjunto, la tipología observada confirma que la insuficiencia de señalización vertical, horizontal e informativa constituye un factor transversal en la mayoría de los siniestros, tanto en zonas rurales como en las áreas de transición urbana del municipio. La carencia de señales adecuadas no solo incrementa la frecuencia de los accidentes, sino también su severidad, al limitar la capacidad de reacción y toma de decisiones del conductor.

Ilustración 10. Accidente tipo vuelco ocurrido el 24 de mayo de 2023.



Fuente: (ABC Stereo, 2023).

4.7.6. Severidad de los accidentes.

La severidad de los accidentes constituye un indicador clave para evaluar el nivel de riesgo vial existente en un corredor determinado. En el caso del tramo Wale - Pantasma, los registros oficiales recopilados por la Policía Nacional, Delegación de Tránsito de Santa María de Pantasma (2025), muestran un total de 492 accidentes ocurridos entre el año 2019 y septiembre de 2025, con variaciones anuales significativas en la cantidad y gravedad de los siniestros.

Tabla 7. Distribución de accidentes según severidad.

Ítem	Año	Tipo de accidente			Total, accidentes
		Leves	Graves	Fatales	
1	2019	14	30	8	52
2	2020	12	39	12	63
3	2021	11	33	9	53
4	2022	19	42	11	72
5	2023	17	45	13	75
6	2024	15	59	17	91
7	2025 (ene - sep)	22	51	13	86
Total					492

Fuentes: (Informe sobre la Accidentabilidad de Tránsito en Nicaragua., 2021).

Análisis interpretativo.

Del total de accidentes registrados, los accidentes graves representan el 60.8 % del total, seguidos por los leves con el 22.4 % y los fatales con el 16.9 %. Esta distribución evidencia un patrón de alta severidad, donde la mayoría de los siniestros generan consecuencias materiales y humanas significativas.

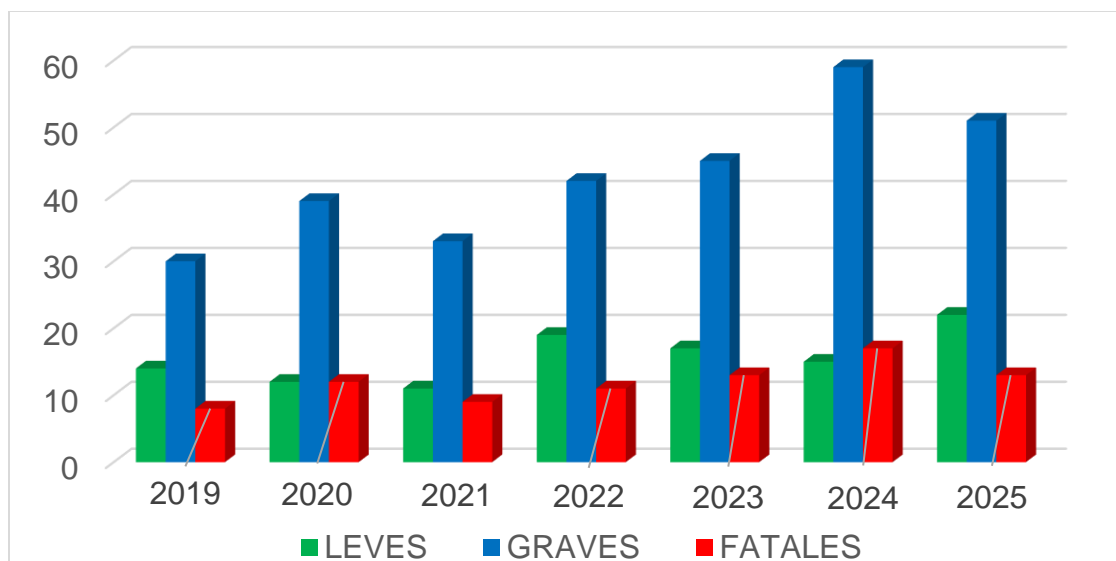
El análisis indica que los años 2024 y 2025 presentan los valores más altos tanto en número total de accidentes como en ocurrencias graves, con 59 casos graves en 2024 y 51 en 2025, lo cual confirma una tendencia ascendente en la peligrosidad del tramo.

La reducción temporal observada en 2021 podría asociarse a una menor movilidad intermunicipal durante ese período o a la ejecución de trabajos viales parciales; sin embargo, el repunte posterior sugiere que no existió un cambio estructural en la seguridad del corredor.

Factores asociados a la severidad.

Los altos niveles de severidad observados se explican principalmente por las condiciones geométricas y topográficas del tramo, combinadas con la carencia de señalización vertical e informativa, lo que impide que los conductores identifiquen correctamente los tramos de riesgo.

Gráfico 8. Distribución de accidentes según severidad.



Fuentes: (Informe de análisis de accidentabilidad, 2025).

Entre los factores específicos destacan:

- Curvas cerradas sin señal de advertencia ni límite de velocidad recomendado.
- Pendientes prolongadas sin dispositivos de contención lateral.
- Ausencia de señalización preventiva en sectores urbanos y de transición.
- Conducción a velocidad inadecuada por falta de señalización reglamentaria.

La inexistencia de señales visibles de “curva peligrosa”, “reduzca la velocidad” o “zona de pendiente” limita la capacidad de anticipación del conductor y eleva la probabilidad de impactos con consecuencias graves o fatales.

Además, el tránsito constante de vehículos pesados y motocicletas, sumado a la falta de separación física de carriles, agrava el nivel de exposición al riesgo.

Tipos de vehículos involucrados.

Los principales tipos de vehículos reportados son:

- Camiones
- Cabezales
- Motocicleta

Estos resultados muestran la alta participación del transporte pesado y liviano de carga, lo cual se relaciona con la función productiva del corredor vial (transporte de café y materiales), así como el incremento sostenido del uso de motocicletas como medio principal de movilidad local.

Edad promedio de los usuarios involucrados.

Los grupos etarios con mayor participación en accidentes son, jóvenes entre 16 y 25 años y adultos de 40 a 55 años. Esto sugiere que los siniestros afectan principalmente a conductores en etapa laboral activa, con niveles variables de experiencia al volante. La combinación de juventud, exceso de confianza y condiciones de riesgo contribuye a la alta incidencia del primer grupo.

4.7.7. Fallecidos y lesionados.

Los registros anuales muestran la siguiente tendencia en cuanto a víctimas:

Tabla 8. Distribución anual de lesionados y fallecidos en el tramo Wale–Pantasma.

Ítem	Año	Lesionados	Fallecidos
1	2019	6	3
2	2020	6	7
3	2021	6	16
4	2022	7	8
5	2023	5	12
6	2024	12	9
7	2025	7	14
TOTAL		49	69

Fuentes: (Informe sobre la Accidentabilidad de Tránsito en Nicaragua., 2021).

El año 2021 presenta el pico más alto de fallecidos (16 casos), seguido de una reducción parcial en 2022 y 2023, aunque sin descender a niveles aceptables. El comportamiento sugiere una siniestralidad crónica, donde la mejora temporal de condiciones (mantenimiento parcial o presencia policial) no se sostiene a largo plazo.

4.7.8. Síntesis general de resultados.

El análisis integral de los registros de accidentabilidad vial correspondientes al tramo Wale - Pantasma, en el período comprendido entre 2019 y septiembre de 2025, permite caracterizar este corredor como una zona de alto riesgo vial, donde convergen factores humanos, topográficos y de infraestructura que potencian la ocurrencia y gravedad de los siniestros.

Durante el período analizado se registraron 492 accidentes de tránsito, con una tendencia ascendente y sostenida a lo largo de los años. Los años 2024 y 2025 concentraron los mayores índices de siniestralidad, alcanzando 91 y 86 accidentes respectivamente, lo que representa un incremento superior al 65 % respecto al inicio del período (2019). Este aumento se asocia directamente con el deterioro progresivo de la

señalización vial, el incremento del flujo vehicular intermunicipal y el crecimiento del parque de motocicletas.

En cuanto a la severidad de los accidentes, los resultados revelan un predominio de accidentes graves (60.8 %), seguidos por los leves (22.4 %) y los fatales (16.9 %). Este patrón refleja un nivel crítico de peligrosidad, en el que más de tres cuartas partes de los eventos implican consecuencias materiales o humanas considerables. La persistencia de un número significativo de accidentes fatales indica una deficiencia estructural en los sistemas de advertencia y control de velocidad, especialmente en tramos con curvas cerradas, pendientes y ausencia de dispositivos de contención lateral.

Respecto a las víctimas, la Policía Nacional reporta un total de 69 fallecidos y 49 lesionados en el municipio durante este período. Se observa un pico de mortalidad en el año 2021 (16 fallecidos). A partir de 2022, aunque se registra una leve disminución, los niveles permanecen altos y sin retornar a parámetros aceptables, lo cual reafirma la necesidad de intervenciones preventivas.

La tipología de los accidentes evidencia que las colisiones frontales y laterales constituyen los eventos más recurrentes, seguidos por salidas de vía, atropellos y vuelcos de vehículos pesados y motocicletas. La ocurrencia de estos siniestros está directamente relacionada con la falta de señalización informativa, reglamentaria y preventiva, que impide advertir la estrechez de la calzada, la sucesión de curvas o las pendientes prolongadas. La ausencia de límites de velocidad claramente definidos y de señales de advertencia en los sectores críticos provoca maniobras de riesgo, pérdida de control y un aumento en la severidad de los impactos.

El análisis espacial permitió identificar tres puntos críticos principales (km 203 + 468, km 205 y 176, km 208 + 236), caracterizados por curvas peligrosas, calzada angosta, alta circulación y condiciones de visibilidad reducida. Estos sectores requieren prioridad de intervención mediante la implementación de señalización vertical, dispositivos reflectivos y medidas de control de velocidad.

De igual manera, los datos demuestran que los grupos etarios más afectados son los conductores jóvenes (16–25 años) y los adultos entre 40 y 55 años, coincidiendo con los

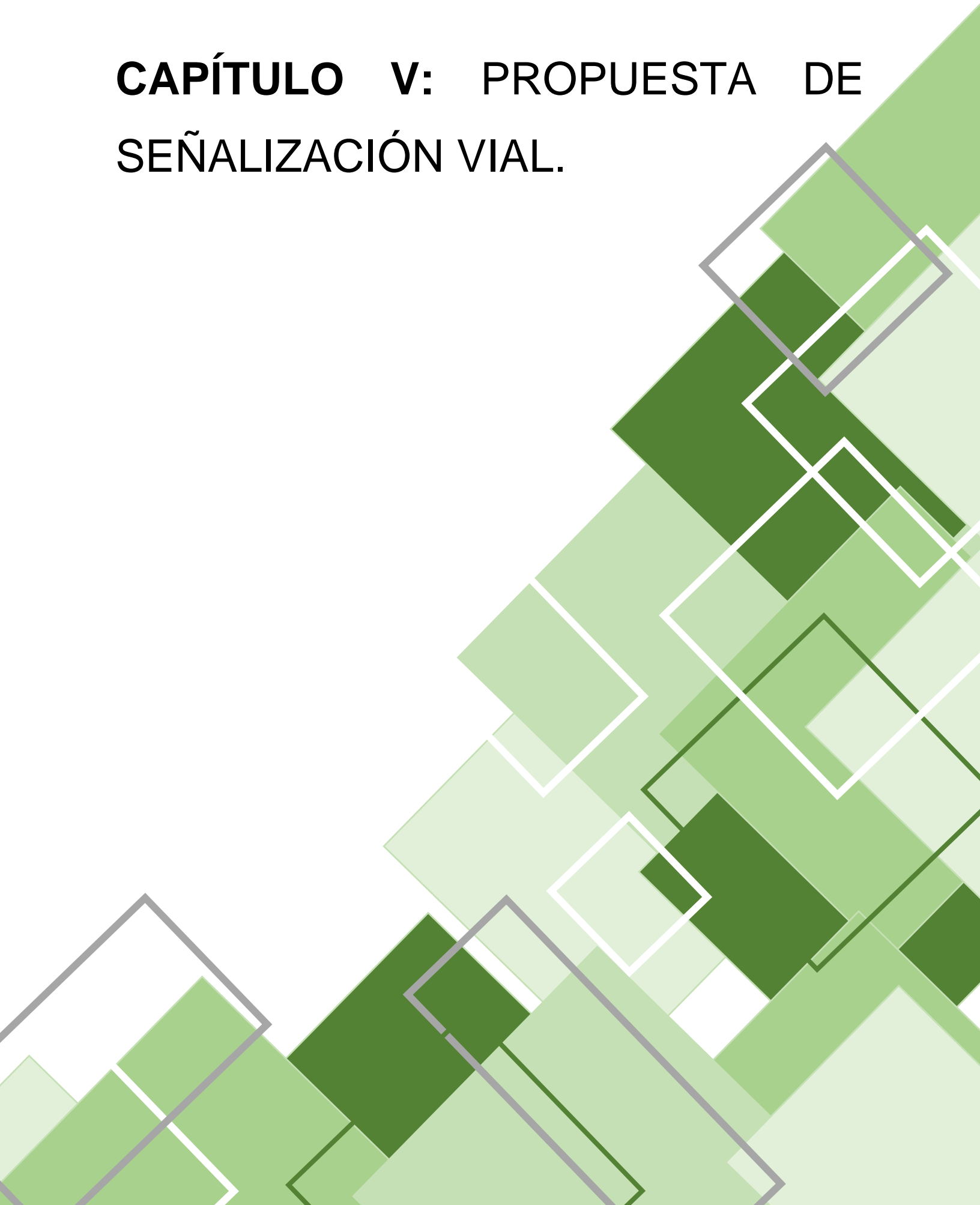
segmentos poblacionales de mayor actividad laboral y exposición al tránsito intermunicipal. Este comportamiento sugiere que las deficiencias de señalización impactan de manera más directa en usuarios con hábitos de conducción frecuentes y en condiciones de fatiga o exceso de confianza.

En síntesis, el tramo Wale - Pantasma presenta una combinación de riesgos geométricos, operacionales y conductuales que, junto con la carencia de señalización adecuada, lo posicionan como uno de los corredores más peligrosos del norte de Nicaragua.

El análisis realizado confirma que la falta de señalización preventiva, reglamentaria e informativa es el factor transversal que amplifica la frecuencia y severidad de los siniestros, condicionando la seguridad de todos los usuarios de la vía.

Por tanto, los resultados obtenidos constituyen la base diagnóstica para la formulación de una propuesta de señalización vial complementaria, orientada a reducir los niveles de siniestralidad, fortalecer la seguridad de los usuarios y contribuir a la planificación estratégica del tránsito en el municipio de Santa María de Pantasma.

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE SEÑALIZACIÓN VIAL.



5.1. Introducción.

La propuesta de señalización vial constituye la fase final y propositiva del diagnóstico técnico realizado en el tramo Wale – Santa María de Pantasma, cuyo propósito principal es corregir las deficiencias detectadas en el inventario de señalización existente y garantizar la seguridad operacional de los usuarios de la vía. Este planteamiento se fundamenta en los resultados obtenidos durante el levantamiento de campo, donde se identificaron señales ausentes, deterioradas o con ubicación inadecuada, lo que afecta directamente la percepción, orientación y capacidad de reacción de los conductores.

La señalización vial desempeña un papel determinante en la regulación, advertencia e información del tránsito, siendo un elemento esencial del sistema de control vial. Según la Convención de Viena sobre Señalización Vial. (Naciones unidas, 1968), los dispositivos de señalización deben estar diseñados, contruidos e instalados de manera uniforme para garantizar que los conductores reconozcan fácilmente su significado y actúen en consecuencia. Este principio de uniformidad es retomado por la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA, 2000) en su Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, el cual establece los parámetros técnicos mínimos de forma, color, dimensiones y materiales que deben aplicarse en todos los países de la región. (SIECA, 2000)

En este contexto, la presente propuesta busca fortalecer la infraestructura vial del tramo de estudio mediante la implementación de una señalización vertical y horizontal técnicamente adecuada, que se ajuste a los estándares nacionales del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI, 2021) y a las normativas internacionales antes citadas. Para ello, se consideran criterios técnicos de visibilidad, reflectividad, ubicación y resistencia de materiales, con el fin de asegurar la durabilidad y efectividad de las señales durante su vida útil.

Asimismo, esta propuesta tiene un enfoque preventivo, orientado a reducir la incidencia de accidentes de tránsito mediante una comunicación vial más clara y coherente con las condiciones geométricas del camino. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo, más del 60 % de los accidentes en zonas rurales de América Latina están asociados a deficiencias en la señalización o a la falta de dispositivos de advertencia adecuados. Por tanto, la implementación de una señalización efectiva contribuye directamente a la seguridad vial, la eficiencia del tránsito y la sostenibilidad del sistema de transporte local. (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2019).

La propuesta comprende tanto el diseño técnico de la señalización vertical, con especificaciones de materiales, dimensiones y ubicación estratégica, como la señalización horizontal, enfocada en el mejoramiento de la organización del flujo vehicular y peatonal. En conjunto, estos elementos conforman un sistema integral de información y control del tránsito, diseñado para orientar y advertir a los usuarios en correspondencia con las condiciones reales de la vía y las características del entorno.

Finalmente, la aplicación de esta propuesta no solo busca cumplir con las disposiciones técnicas establecidas por los organismos reguladores, sino también promover una cultura vial responsable y un entorno más seguro y funcional para los habitantes del municipio de Santa María de Pantasma. Este esfuerzo constituye un paso fundamental hacia el mejoramiento continuo de la red vial rural.

5.2 Criterios de Diseño de la Señalización Vial.

El diseño de la señalización vial debe responder a un conjunto de principios técnicos y funcionales que garanticen su correcta percepción, comprensión y cumplimiento por parte de los usuarios de la vía. La eficacia de una señal no depende únicamente de su presencia física, sino también de su ubicación estratégica, tamaño, color, contraste, iluminación y coherencia con el entorno vial. En ese sentido, los criterios de diseño son determinantes para asegurar que las señales cumplan su función de regular, advertir o informar de manera oportuna y comprensible.

5.2.1. Principios generales de diseño.

Toda señal vial debe diseñarse conforme a los principios de uniformidad, simplicidad, visibilidad y coherencia.

- Uniformidad, Implica mantener consistencia en forma, color y simbología para que las señales sean reconocidas sin ambigüedad en cualquier punto de la red vial.
- Simplicidad, el mensaje debe ser breve y directo, evitando textos extensos o símbolos confusos.
- Visibilidad, exige que la señal sea claramente perceptible tanto de día como de noche, mediante el uso de materiales retrorreflectivos adecuados y una correcta orientación respecto al eje visual del conductor.
- Coherencia, toda señal debe guardar relación con las condiciones geométricas, operacionales y ambientales del tramo donde se ubica. (SIECA, 2000).

La Convención de Viena sobre Señalización Vial, enfatiza que la uniformidad en el diseño y uso de señales es fundamental para la seguridad vial, pues facilita la comprensión inmediata por parte de conductores nacionales y extranjeros, reduciendo el tiempo de reacción ante situaciones imprevistas. (Naciones unidas, 1968).

5.2.2. Legibilidad y distancia de visualización.

Uno de los parámetros más relevantes en el diseño es la legibilidad, la cual depende de factores como el tamaño del símbolo, el contraste cromático, el tipo de letra y la distancia a la que el conductor puede identificar el mensaje.

Según la AASHTO, 2018, la distancia de detección de una señal debe ser al menos equivalente al recorrido efectuado durante 2,5 segundos de tiempo de reacción, considerando la velocidad de operación de la vía. En el caso del tramo Wale – Santa María de Pantasma, donde la velocidad de circulación oscila entre 45 km/h y 25 km/h, la distancia mínima de detección varía aproximadamente entre 31 metros para la velocidad máxima y 17 metros para la velocidad mínima. Estas distancias garantizan que el conductor disponga del tiempo suficiente para identificar la señal, interpretar su mensaje y ejecutar la maniobra correspondiente de forma segura, aun en condiciones topográficas

o ambientales adversas. ([AASHTO], American Association of State Highway and Transportation Officials, 2001).

En complemento, el Manual de Señalización Vial del MTI, establece que la altura mínima de instalación para señales reglamentarias y preventivas en zonas rurales debe ser de 2,10 metros desde el nivel del terreno hasta el borde inferior de la placa, y de 2,30 metros en zonas urbanas. Asimismo, la distancia lateral desde el borde de la calzada al borde de la señal no debe ser inferior a 0,60 metros, garantizando que no interfiera con el tránsito vehicular ni con la visibilidad de otras señales. (Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 2021).

5.2.3. Factores geométricos y ambientales.

El diseño y la ubicación de las señales deben adaptarse a las condiciones geométricas de la vía y a las condiciones ambientales del entorno (vegetación, niebla, topografía).

El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes, recomienda instalar señales de advertencia en lugares donde existan curvas pronunciadas, intersecciones, pendientes mayores al 8 % o zonas con visibilidad restringida. En estos casos, la distancia de anticipación debe ser suficiente para permitir al conductor percibir la señal, interpretar su significado y ejecutar la maniobra de forma segura. (SIECA, 2000).

La selección de colores también se fundamenta en criterios técnicos. Esta codificación cromática responde a normas internacionales adoptadas por la Convención de Viena y replicadas por la SIECA 2000, con el objetivo de mantener la uniformidad visual en la región. (Naciones unidas, 1968) (SIECA, 2000).

Retro reflectividad y condiciones nocturnas.

La visibilidad nocturna es un aspecto esencial del diseño. De acuerdo con la ASTM las láminas retro reflectivas se clasifican en varios tipos según su coeficiente de retro reflexión. En vías rurales o con baja iluminación, se recomienda el uso de material retro reflectivos tipo III o superior, que garantiza la legibilidad a distancias mayores de 100 metros. El uso de materiales de baja reflectancia (tipo I) solo es aceptable en zonas urbanas con iluminación permanente.

El mantenimiento de la retro reflectividad es igualmente importante. El Manual del MTI, establece que el período de vida útil de una lámina retro reflectiva tipo III es de 10 años, después de lo cual se debe evaluar su reemplazo mediante mediciones fotométricas o inspección visual comparativa. (Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 2021).

5.2.4. Coherencia funcional del sistema de señalización.

El diseño no debe abordarse de forma aislada, sino como parte de un sistema integral de señalización que mantenga coherencia entre las señales reglamentarias, preventivas e informativas.

Según la SIECA (2000), la coexistencia de señales contradictorias o redundantes reduce la eficacia del sistema y puede inducir comportamientos de riesgo. Por ello, la propuesta considera la eliminación de señales obsoletas o repetidas, la actualización de simbología conforme al estándar regional, y la instalación de nuevas señales en puntos críticos identificados durante el diagnóstico.

De esta forma, el diseño de la señalización vial propuesta para el tramo Wale – Santa María de Pantasma se fundamenta en principios de seguridad, uniformidad y funcionalidad, garantizando que cada dispositivo cumpla su propósito dentro del sistema de control del tránsito, en correspondencia con las condiciones operativas y la jerarquía vial establecida. (SIECA, 2000).

5.3. Materiales - Señalización Vial.

La durabilidad y funcionalidad de una señal de tránsito dependen en gran medida de la calidad de los materiales utilizados en su fabricación, montaje y anclaje. La selección de estos materiales debe garantizar una adecuada resistencia estructural, visibilidad diurna y nocturna, así como una vida útil prolongada ante las condiciones ambientales del entorno, particularmente en vías rurales expuestas a radiación solar, humedad y polvo.

Con base en los lineamientos del Manual SIECA 2000 y el Manual de Señalización Vial del MTI 2021, los principales componentes de la señalización vertical se clasifican en:

a) Placas o tableros.

Estos constituyen el soporte principal del mensaje gráfico. Se recomienda el uso de láminas de aluminio, con un espesor mínimo de 1,6 mm para señales reglamentarias y preventivas, y 2,0 mm para informativas de gran formato. Este material presenta excelente resistencia a la corrosión, bajo peso y facilidad para recibir recubrimientos reflectivos.

Para señales temporales o de bajo costo se admiten tableros de lámina galvanizada o acero inoxidable, aunque con menor desempeño en términos de durabilidad frente a la oxidación. (Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 2021).

b) Películas retrorreflectivas .

El recubrimiento retro reflectivo permite que la señal sea visible en condiciones de baja iluminación mediante la reflexión del haz de luz proveniente de los faros de los vehículos.

De acuerdo con la ASTM, las películas retrorreflectivas se clasifican en Tipos I a XI, según su nivel de brillo y tecnología óptica. Para el tramo Wale - Santa María de Pantasma, se recomienda emplear:

- Tipo III Alta Intensidad prismática, para señales reglamentarias y preventivas.
- Tipo IV o IX Grado muy alto o súper alto, en zonas de niebla o baja visibilidad.
- Tipo I Grado ingeniero, únicamente para señalización informativa o en zonas con iluminación artificial constante.

c) Estructuras de soporte.

El soporte de la señal debe ser rígido, resistente a la corrosión y capaz de mantener la posición del tablero ante cargas de viento y vibración. Se recomiendan tubos de acero galvanizado, con diámetro nominal de 2" a 3" y espesor de 2,5 mm, conforme a la norma ASTM.

Las señales de gran formato o aquellas ubicadas en zonas con vientos fuertes pueden requerir refuerzos o postes dobles con anclajes cruzados. El anclaje debe realizarse mediante una cimentación de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con una profundidad no menor a 60 cm, según criterios de la AASHTO ([AASHTO], American Association of State Highway and Transportation Officials, 2001).

d) Elementos de fijación y anclaje.

La unión entre la placa y el soporte se efectúa con tornillos, pernos, tuercas y arandelas de acero inoxidable o galvanizado, cumpliendo con la norma ASTM. Se recomienda utilizar arandelas planas y de presión para evitar aflojamiento por vibraciones.

e) Pinturas y acabados protectores.

En los elementos metálicos expuestos se aplica una capa anticorrosiva en colores gris aluminio o galvanizado.

El Manual del MTI recomienda que toda superficie metálica visible presente un acabado uniforme, libre de óxido. (Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 2021)

f) Señalización horizontal.

Para las marcas en pavimento se empleará pintura termoplástica o acrílica a base de resinas de cloro caucho, con microesferas de vidrio incorporadas para retro reflectividad. Los manuales recomiendan un espesor mínimo de 1,5 mm para aplicaciones en carreteras rurales.

De acuerdo con la SIECA 2000 y el Manual de Señalización Vial del MTI, las marcas viales deben realizarse con pintura termoplástica o acrílica a base de resinas de cloro caucho, con incorporación de microesferas de vidrio, que aseguran la retro reflectividad del trazo. El espesor seco mínimo debe ser de 1,5 mm para carreteras rurales y 2,0 mm para vías urbanas. (SIECA, 2000).

Líneas longitudinales, son las que delimitan carriles y sentidos de circulación, la anchura estándar de las líneas longitudinales es de 10 a 15 cm, con espaciado entre trazos de 3 m (pintado) y 9 m (espacio) para líneas discontinuas, conforme al MTI. En zonas de velocidad reducida, intersecciones o curvas cerradas, puede emplearse una anchura

ampliada de 20 cm para mejorar la visibilidad. (Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 2021).

Líneas transversales y símbolos, las líneas transversales se emplean para detener o ceder el paso, delimitar pasos peatonales o marcar zonas de seguridad, la correcta aplicación de los colores facilita la asociación cognitiva del conductor y refuerza la lectura visual de la vía, reduciendo la probabilidad de maniobras erróneas.

Las marcas deben aplicarse sobre una superficie limpia, seca y libre de grasa, con temperatura del pavimento superior a 10 °C. El MTI sugiere que las microesferas de vidrio representen al menos el 25 % del volumen de la pintura aplicada, garantizando la retrorreflexión a largo plazo.

5.4. Tipología y Dimensiones de las Señales.

El sistema de señalización vial se organiza conforme a una clasificación funcional que permite diferenciar las señales según su propósito: reglamentar, advertir o informar. Cada tipo posee formas, colores y dimensiones normalizadas, las cuales garantizan la uniformidad visual y la rápida interpretación por parte de los conductores.

Según la SIECA 2000 y el Manual de Señalización Vial del MTI 2021, las señales deben diseñarse de manera que su forma y color sean exclusivos de su categoría, evitando cualquier posibilidad de confusión. De igual forma, las dimensiones y proporciones deben adaptarse al tipo de vía, al entorno (urbano o rural) y a la velocidad de operación predominante.

a) Dimensiones y proporciones.

Las dimensiones de las señales se determinan según el tipo de vía y la velocidad de operación. En el tramo Wale – Santa María de Pantasma, donde la velocidad oscila entre 25 km/h y 45 km/h, se recomienda emplear las medidas establecidas para carreteras rurales de baja velocidad.

De acuerdo con los manuales los diámetros de la señalización vertical son los siguientes:

- Señales reglamentarias y preventivas, diámetro mínimo de 60 cm y máximo de 75 cm.
- Señales informativas, diámetro mínimo de 90 cm y largo variable según el texto.

La altura de instalación oscila entre 2,10 m y 2,30 m desde el borde inferior de la placa al nivel del terreno, la distancia lateral al borde de la calzada no debe ser menor a 0,60m.

Separación longitudinal entre una y otra señalización debe de ser entre 80 y 120 m, ajustable según visibilidad o alineamiento. Dado que el tramo tiene velocidades bajas entre 15 y 45 km/h, la separación no debe ser tan grande como en autopistas o rutas de alta velocidad. Se debe adoptar una separación de entre 60 y 100 metros para señales verticales estándar y ajustar cuando el tramo lo amerite.

Por ejemplo, en zonas rectas con buena visibilidad, usar valores mayores (80-100 m), en zonas con curvas, cambios de pendiente o visibilidad reducida, disminuir la separación (60-80 m) y en tramos urbanos o con obstáculos visuales, incluso menos (50-60 m), si la normativa local lo permite. (SIECA, 2000).

Tabla 9. Especificaciones técnicas.

Tipo de señal	Formas geométricas	Color predominante	Dimensión estándar (cm)	Tipo de lámina	Altura de instalación
Reglamentaria	Circular / rectangular	Blanco / rojo	60 - 75	Tipo iii (alta intensidad)	2.10 - 2.30
Preventiva	Rombo / rectangular	Amarillo / negro	60 - 75	Tipo iii o iv	2.10 - 2.30
Informativa	Rectangular / cuadrada	Azul o verde / blanco	90 * 120 en promedio	Tipo i o iii	2.10 - 2.30

Fuentes: (Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 2021).

Los valores pueden ajustarse $\pm 10\%$ según las condiciones geométricas del terreno o restricciones de visibilidad, siempre que se mantenga la proporcionalidad entre texto, símbolo y borde, conforme al Manual del MTI 2021.

5.4.1. Consideraciones técnicas de diseño gráfico.

El diseño gráfico de las señales debe conservar la proporcionalidad entre el símbolo y el fondo, manteniendo un margen libre mínimo del 10 % del área total. La tipografía utilizada debe corresponder a la familia Alfabeto Highway Series E (modificado), recomendada por la AASHTO para su alta legibilidad a distancia. ([AASHTO], American Association of State Highway and Transportation Officials, 2001).

Asimismo, los bordes deben tener un espesor equivalente al 8 % del diámetro o lado de la señal, y los símbolos deben aplicarse con pintura o vinil de color negro mate, resistente a rayos UV. Estas especificaciones aseguran una correcta identificación visual tanto de día como de noche y bajo condiciones climáticas variables.

5.5. Distribución y Ubicación Propuesta de las Señalización vial.

La distribución y ubicación de la señalización vial propuesta para el tramo Wale – Santa María de Pantasma se fundamenta en los principios técnicos de visibilidad, uniformidad y coherencia funcional establecidos en los manuales de señalización vial de la región centroamericana. Este apartado integra los resultados del diagnóstico previo con la aplicación de los criterios normativos definidos por la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA, 2000) y el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI, 2021), con el propósito de establecer un sistema de señalización continuo, lógico y seguro a lo largo del recorrido.

El diseño de la ubicación considera la jerarquía vial, las condiciones geométricas del tramo, y los factores de riesgo identificados durante el levantamiento de campo, como curvas de radio reducido, pendientes pronunciadas, accesos laterales y zonas escolares. De esta manera, cada señal se emplaza en el punto donde su función resulta más efectiva para alertar, regular o informar a los usuarios de la vía.

5.5.1. Criterios para la ubicación de señales.

La ubicación de las señales se establece conforme a criterios técnicos que garantizan su correcta visibilidad y eficacia. Las señales deben colocarse en lugares donde el conductor pueda verlas, comprenderlas y reaccionar a tiempo sin comprometer la seguridad vial. Por ello, se aplicaron los siguientes lineamientos:

- 1. Señales reglamentarias,** se colocan inmediatamente antes del punto de aplicación de la norma, en el margen derecho de la vía y cuando las condiciones lo requieran, se duplican al margen izquierdo.
- 2. Señales preventivas,** se ubican con una distancia de anticipación equivalente al recorrido de 8 a 10 segundos antes del punto de peligro, ajustada a la velocidad promedio del tramo. En este caso, con velocidades entre 25 y 45 km/h, la distancia óptima de anticipación oscila entre 60 y 100 metros.
- 3. Señales informativas,** se sitúan inmediatamente antes del acceso o desvío correspondiente, procurando que sean visibles con suficiente anticipación y sin interferencias visuales.




5.5.2. Cuadro de distribución de la señalización propuesta.

La siguiente tabla resume la propuesta técnica de ubicación de señales a lo largo del tramo, ordenadas según su estación progresiva, tipo, código normativo y condición del entorno.


Tabla 10. Propuesta de la señalización Vial en el tramo Km 200 – 209 de la localidad de Wale municipio de Santa María de Pantasma, Jinotega.

Ítem	Estación	Tipo de señal	Nombre	Código	Banda	Observaciones
1	200+003	Preventiva	Cruce peatonal	P0-8	Derecha	
2	200+017	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
3	203+326	Horizontal	Paso peatonal	MH-2	Ambas	
4	200+052	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
5	200+063	Preventiva	Pendiente de bajada	PG-7B	Derecha	
6	200+087	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
7	200+099	Preventiva	Zona de curvas	SP-10	Derecha	
8	200+159	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
9	200+184	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
10	200+209	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
11	200+249	Reglamentaria	V. Máx. 25 km/h	R-301B	Derecha	


Ítem	Estación	Tipo de señal	Nombre	Código	Banda	Observaciones
12	200+261	Preventiva	Volcamiento	P 1-13	Derecha	
13	200+289	Reglamentaria	V. Máx. 25 km/h	R-301B	Izquierda	
14	200+300	Preventiva	Zona de curvas	SP-10	Derecha	
15	200+362	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
16	200+387	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
17	200+412	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
18	200+437	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
19	200+487	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
20	200+522	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
21	200+617	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
22	200+682	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
23	200+717	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
24	200+760	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
25	200+795	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
26	200+983	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
27	201+008	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
28	201+033	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
29	201+058	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
30	201+083	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
31	201+245	Reglamentaria	V. Máx. 25 km/h	R-301B	Derecha	
32	201+286	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
33	201+326	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
34	201+351	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
35	201+386	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
36	201+421	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	



Ítem	Estación	Tipo de señal	Nombre	Código	Banda	Observaciones
37	201+456	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
38	201+553	Reglamentaria	No adelantar	R-304	Derecha	
39	201+608	Preventiva	Zona de curvas	SP-10	Derecha	
40	201+691	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
41	201+716	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
42	201+741	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
43	201+765	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
44	201+805	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
45	201+831	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
46	201+843	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
47	201+855	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
48	201+867	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
49	201+892	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
50	201+917	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
51	201+930	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
52	201+955	Informativa	Parada de bus	I-22	Derecha	
53	201+978	Preventiva	Animales en la vía	PO-5	Derecha	
54	202+009	Preventiva	Volcamiento	P 1-13	Derecha	
55	202+061	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
56	202+086	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
57	202+111	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
58	202+136	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
59	202+163	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
60	202+195	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	


Ítem	Estación	Tipo de señal	Nombre	Código	Banda	Observaciones
61	202+464	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
62	202+524	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
63	202+593	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
64	202+618	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
65	202+643	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
66	202+790	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
67	202+830	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
68	202+881	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
69	202+958	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
70	203+018	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
71	203+078	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
72	203+090	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
73	203+135	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
74	203+241	Preventiva	Cruce peatonal	P0-8	Derecha	Zona de alta concentración comercial.
75	203+326	Horizontal	Paso peatonal	MH-2	Ambas	
76	203+368	Preventiva	Volcamiento	P 1-13	Derecha	
77	203+377	Reglamentaria	V. Máx. 25 km/h	R-301B	Derecha	
78	203+401	Preventiva	Pendiente de bajada	PG-7B	Derecha	
79	203+425	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
80	203+450	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
81	203+475	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
82	203+500	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
83	203+525	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
84	203+580	Preventiva	Volcamiento	P 1-13	Izquierda	
85	203+595	Reglamentaria	V. Máx. 25 km/h	R-301B	Izquierda	

Ítem	Estación	Tipo de señal	Nombre	Código	Banda	Observaciones
86	203+681	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
87	203+735	Reglamentaria	No adelantar	R-304	Derecha	
88	203+840	Preventiva	Pendiente de bajada	PG-7B	Derecha	
89	203+915	Preventiva	Zona de derrumbe	P-16	Derecha	
90	204+084	Reglamentaria	V. Máx. 25 km/h	R-301B	Derecha	
91	204+125	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
92	204+151	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
93	204+176	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
94	204+201	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
95	204+242	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
96	204+281	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
97	204+308	Preventiva	Zona escolar	P-18	Derecha	
98	204+364	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
99	204+390	Horizontal	Paso peatonal	MH-2	Ambas	
100	204+409	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
101	204+510	Preventiva	Zona escolar	P-18	Derecha	
102	204+624	Preventiva	Zona de derrumbe	P-16	Izquierda	
103	204+805	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
104	204+826	Preventiva	Máquinaria agrícola	P-14	Derecha	
105	204+930	Preventiva	Máquinaria agrícola	P-14	Izquierda	
106	205+030	Preventiva	Volcamiento	P 1-13	Derecha	

Ítem	Estación	Tipo de señal	Nombre	Código	Banda	Observaciones
107	205+069	Preventiva	Zona de curvas	SP-10	Derecha	
108	205+086	Reglamentaria	V. Máx. 25 km/h	R-301B	Derecha	
109	205+105	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
110	205+130	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
111	205+155	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
112	205+180	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
113	205+205	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
114	205+230	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
115	205+255	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
116	205+280	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
117	205+305	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
118	205+371	Preventiva	Zona de derrumbe	P-16	Derecha	
119	205+469	Reglamentaria	No adelantar	R-304	Derecha	
120	205+693	Preventiva	Zona de curvas	SP-10	Derecha	
121	205+731	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
122	205+752	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
123	205+781	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
124	205+804	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
125	205+832	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
126	205+906	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
127	206+006	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
128	206+066	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
129	206+098	Preventiva	Volcamiento	P 1-13	Izquierda	
130	206+0132	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
131	206+253	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
132	206+313	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
133	206+340	Preventiva	Cruce peatonal	P0-8	Derecha	


Ítem	Estación	Tipo de señal	Nombre	Código	Banda	Observaciones
134	206+380	Reglamentaria	V. Máx. 25 km/h	R-301B	Izquierda	
135	206+405	Informativa	Restaurante	I-20	Derecha	
136	206+445	Horizontal	Paso peatonal	MH-2	Ambas	
137	206+405	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
138	206+470	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
139	206+528	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
140	206+548	Preventiva	Cruce peatonal	P0-8	Izquierda	
141	206+570	Preventiva	Cruce peatonal	P0-8	Derecha	
142	206+608	Preventiva	Reductor de velocidad	P-25	Derecha	
143	206+678	Horizontal	Paso peatonal	MH-2	Ambas	
144	206+746	Preventiva	Reductor de velocidad	P-25	Izquierda	
145	206+910	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
146	206+971	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
147	207+135	Reglamentaria	V. Máx. 25 km/h	R-301B	Derecha	
148	207+178	Preventiva	Chevron	P12-4	Derecha	
149	207+178	Preventiva	Chevron	P12-4	Izquierda	
150	207+180	Preventiva	Chevron	P12-4	Derecha	
151	207+180	Preventiva	Chevron	P12-4	Izquierda	
152	207+189	Preventiva	Chevron	P12-4	Derecha	
153	207+189	Preventiva	Chevron	P12-4	Izquierda	
154	207+191	Preventiva	Chevron	P12-4	Derecha	

Ítem	Estación	Tipo de señal	Nombre	Código	Banda	Observaciones
155	207+191	Preventiva	Chevron	P12-4	Izquierda	
156	207+214	Reglamentaria	V. Máx. 45 km/h	R-301C	Izquierda	
157	207+238	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
158	207+290	Preventiva	Reductor de velocidad	P-25	Derecha	
159	207+370	Horizontal	Paso peatonal	MH-2	Ambas	
160	207+450	Preventiva	Reductor de velocidad	P-25	Izquierda	
161	207+492	Preventiva	Salida Bomberos	P-52	Derecha	
162	207+595	Preventiva	Salida Bomberos	P-52	Izquierda	
163	207+629	Preventiva	Pendiente de bajada	PG-7B	Derecha	
164	207+760	Preventiva	Salida de camiones	P-20	Derecha	
165	207+823	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
166	207+865	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
167	207+899	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
168	207+925	Preventiva	Salida de camiones	P-20	Izquierda	
169	208+075	Preventiva	Cruce peatonal	PO-8	Derecha	
170	208+140	Horizontal	Paso peatonal	MH-2	Ambas	
171	208+215	Preventiva	Cruce peatonal	PO-8	Izquierda	
172	208+242	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
173	208+310	Reglamentaria	V. Máx. 45 km/h		Derecha	
174	208+397	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Izquierda	
175	208+547	Preventiva	Chevron-curva	P-61	Derecha	
176	208+712	Preventiva	Pendiente de subida	PG-7D	Izquierda	

Ítem	Estación	Tipo de señal	Nombre	Código	Banda	Observaciones
177	208+813	Preventiva	Pendiente de bajada	PG-7B	Derecha	
178	208+836	Preventiva	Reductor de velocidad	P-25	Derecha	
179	208+875	Preventiva	Cruce peatonal	PO-8	Derecha	
180	208+962	Horizontal	Paso peatonal	MH-2	Ambas	
181	208+981	Preventiva	Reductor de velocidad	P-25	Izquierda	
182	208+996	Informativa	Destino	I-30	Derecha	

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Tabla 11. Propuesta de la señalización Complementaria en el tramo Km 200 – 209 de la localidad de Wale municipio de Santa María de Pantasma.

Ítem	Estación	Tipo de señal	Nombre	Código	Cantidad	Ilustración	Observaciones
1	200+000 al 209+000	Complementaria	Marcador vial retro reflectante	D-4	750		
2	200+000 al 209+000		Reflector lateral	D-5	201		

Fuentes: Elaboración propia (2025).

5.6. Presupuesto de la propuesta de señalización.

5.6.1. Introducción

El presente apartado desarrolla la estimación económica para la implementación del sistema de señalización vial vertical y horizontal en el tramo objeto de estudio. El presupuesto ha sido estructurado bajo criterios técnicos de cuantificación, clasificación de costos directos e indirectos y análisis de precios unitarios, considerando las condiciones geométricas, climáticas y operativas del sector intervenido. La estimación económica contempla materiales, mano de obra, equipos, transporte, supervisión técnica, costos administrativos y factores indirectos asociados a la ejecución del proyecto, garantizando coherencia con los estándares normativos vigentes y la viabilidad financiera de la propuesta.

5.6.1.1. Estructura Metodológica del Presupuesto

El presupuesto se organiza bajo la siguiente clasificación técnica:

- a) **Costos Directos:** Son aquellos directamente atribuibles a la ejecución física de las actividades de señalización.

Tabla 12. Materiales señalización vial- costos directos.

Ítem	Material	und	Precio
1	Tubo cuadrado galvanizado de 2" x 2" 6 metros cal 14	und	C\$1,352.92
2	Lámina de acero galvanizada de 1/16" x 1.22 m x 2.44 m	und	C\$2,750.00
3	Lámina retrorreflectiva prismática de alta intensidad Tipo III	m ²	C\$155.13
4	Concreto para fundaciones.	m ³	C\$5,996.00
5	Acero corrugado G 60 de No 3 (3/8")	und	C\$148.35
6	Soldadura 60-13 3/32"	libra	C\$170.95
7	Pernos, anclajes y elementos de fijación (G 60).	und	C\$16.50
8	Pintura termoplástica para demarcación vial.	m ²	C\$43.80
9	Microesferas de vidrio para retrorreflexión tipo I y III	m ²	C\$12.41
10	Ojos de gato.	und	C\$87.50
11	Reflectores para barreras metálicas.	und	C\$63.25

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Mano de Obra: Se clasifica según especialidad.

Tabla 13. Mano de obra – costos directos.

Ítem	Especialidad - Cargo	und	Precio
1	Maestro de obra	Hora	C\$125.00
2	Encargado de demarcación vial	Hora	C\$181.25
3	Conductor (Demarcación vial)	Hora	C\$125.00
4	Albañil	Hora	C\$106.25
5	Soldador	Hora	C\$125.00
6	Ayudante (Demarcación vial)	Hora	C\$106.25
7	Ayudante (Albañil)	Hora	C\$68.75
8	Ayudante (Soldador)	Hora	C\$75.00

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Equipos y Herramientas: Estas incluyen equipos menores (Mezcladora de concreto, pulidoras, welders), equipo de aplicación de pintura termoplástica, vehículos de transporte, entre otros.

Tabla 14. Equipos y herramientas – costos directos.

Ítem	Equipos y herramientas	und	Precio
1	Mezcladora de concreto.	día	C\$800.00
2	Generador soldador	día	C\$675.00
3	Equipo de aplicación de pintura termoplástica.	día	C\$4,250.00
4	Vehículo de transporte.	día	C\$2,372.50
5	Herramientas menores.	día	C\$350.00

Fuentes: Elaboración propia (2026).

- b) **Costos Indirectos:** Son aquellos que no intervienen directamente en la colocación física, pero son necesarios para la ejecución.

En ella se pueden mencionar principalmente al Ingeniero residente, control de calidad, inspector de obra, esto puede estimarse como el 12% del costo directo. Personal administrativo como fiscal de proyecto, responsable de almacén, servicios básicos, coordinación logística y guardas de seguridad se estiman como el 7.2% del costo directo. Transporte y logística que viene siendo movilización de materiales, combustible, carga y descarga, almacenamiento temporal, puede calcularse como el 6% del costo directo.

Y para imprevistos como variaciones de mercado o pérdidas no previstas se recomienda el 8% del costo directo.

5.6.2. Consolidación Costo directo base.

5.6.2.1. Señalización vertical – Costo directo

Tabla 15. Señalización preventiva – costo directo por unidad.

Item	Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total	Observaciones
1	Tubo cuadrado galvanizado de 2" x 2" 6 metros cal 14	und	0.5	C\$1,352.92	C\$676.46	
2	Lámina de acero galvanizada de 1/16" x 1.22 m x 2.44 m	m	0.601	C\$555.67	C\$333.96	7% de desperdicio
3	Lámina retrorreflectiva prismática de alta intensidad Tipo III	m ²	0.601	C\$155.13	C\$93.23	7% de desperdicio
4	Concreto para fundaciones.	m ³	0.1408	C\$5,996.00	C\$844.24	10% de desperdicio
5	Acero corrugado G 60 de No 3 (3/8")	und	0.33	C\$148.35	C\$48.96	
6	Soldadura 60-13 3/32"	libra	0.175	C\$170.95	C\$29.92	
7	Pernos, anclajes y elementos de fijación (G 60).	Conjunto	1	C\$16.50	C\$16.50	
8	Disco de corte + disco de desvaste	Consumibles	1	C\$20.00	C\$20.00	
9	Esmalte anticorrosivo	galon	0.008	C\$1,182.30	C\$9.46	
Total:					C\$2,072.72	

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Del análisis detallado de precios unitarios realizado para los componentes que integran la señalización preventiva, se determinó que el costo directo unitario correspondiente exclusivamente a materiales asciende a C\$ 2,072.00 (Dos mil setenta y dos córdobas netos) por unidad. Este valor se obtuvo mediante la cuantificación individual de los insumos que conforman la señal excluyendo expresamente costos de instalación, mano de obra, transporte, supervisión y demás gastos indirectos. En este sentido, considerando que el tramo evaluado demanda la colocación de 156 señales preventivas, el costo total correspondiente únicamente a materiales asciende a C\$ 323,232.32 (Trescientos veintitrés mil doscientos treinta y dos córdobas con treinta y dos centavos).

Tabla 16. Señalización restrictiva – costo directo por unidad.

Ite m	Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total	Observaciones
1	Tubo cuadrado galvanizado de 2" x 2" 6 metros cal 14	und	0.5	C\$1,352.92	C\$676.46	
2	Lámina de acero galvanizada de 1/16" x 1.22 m x 2.44 m	m	0.59	C\$555.67	C\$327.85	7% de desperdicio
3	Lámina retrorreflectiva prismática de alta intensidad Tipo III	m ²	0.59	C\$155.13	C\$91.53	7% de desperdicio
4	Concreto para fundaciones.	m ³	0.1408	C\$5,996.00	C\$844.24	10% de desperdicio
5	Acero corrugado G 60 de No 3 (3/8")	und	0.33	C\$148.35	C\$48.96	
6	Soldadura 60-13 3/32"	libra	0.175	C\$170.95	C\$29.92	
7	Pernos, anclajes y elementos de fijación (G 60).	Conjunto	1	C\$16.50	C\$16.50	
8	Disco de corte + disco de desvaste	Consumibles	1	C\$20.00	C\$20.00	
9	Esmalte anticorrosivo	galon	0.008	C\$1,182.30	C\$9.46	
Total:					C\$2,064.90	

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Del análisis detallado de precios unitarios realizado para los componentes que integran la señalización restrictiva, se determinó que el costo directo unitario correspondiente exclusivamente a materiales asciende a C\$ 2,064.90 (Dos mil sesenta y cuatro córdobas con 90 centavos) por unidad. Este valor se obtuvo mediante la cuantificación individual de los insumos que conforman la señal excluyendo expresamente costos de instalación, mano de obra, transporte, supervisión y demás gastos indirectos. En este sentido, considerando que el tramo evaluado demanda la colocación de 13 señales preventivas, el costo total correspondiente únicamente a materiales asciende a C\$ 26,843.70 (Veinte seis mil ochocientos cuarenta y tres córdobas con setenta centavos centavos).

Tabla 17. Señalización restrictiva – costo directo por unidad

Ite m	Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total	Observaciones
1	Tubo cuadrado galvanizado de 2" x 2" 6 metros cal 14	und	0.5	C\$1,352.92	C\$676.46	
2	Lámina de acero galvanizada de 1/16" x 1.22 m x 2.44 m	m	0.74	C\$555.67	C\$411.20	7% de desperdicio
3	Lámina retrorreflectiva prismática de alta intensidad Tipo III	m ²	0.74	C\$155.13	C\$114.80	7% de desperdicio
4	Concreto para fundaciones.	m ³	0.1408	C\$5,996.00	C\$844.24	10% de desperdicio
5	Acero corrugado G 60 de No 3 (3/8")	und	0.33	C\$148.35	C\$48.96	
6	Soldadura 60-13 3/32"	libra	0.175	C\$170.95	C\$29.92	
7	Pernos, anclajes y elementos de fijación (G 60).	Conjunto	1	C\$16.50	C\$16.50	
8	Disco de corte + disco de desvaste	Consumibles	1	C\$20.00	C\$20.00	
9	Esmalte anticorrosivo	galon	0.008	C\$1,182.30	C\$9.46	
10	Poste de kilómetro	und	3	1976.36	C\$5,929.08	
Total:					C\$8,100.60	

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Del análisis detallado de precios unitarios efectuado para los componentes que integran la señalización vertical informativa, se determinó que el costo directo unitario correspondiente exclusivamente a materiales asciende a C\$ 2,171.52 (dos mil ciento setenta y un córdobas con cincuenta y dos centavos). Considerando que el tramo evaluado contempla la instalación de tres señales verticales informativas, el costo total en materiales para dichas unidades asciende a C\$ 6,514.56 (seis mil quinientos catorce córdobas con cincuenta y seis centavos). Adicionalmente, el mismo componente incluye la colocación de tres postes kilométricos informativos, cuyo costo total en materiales se establece en C\$ 5,929.48 (cinco mil novecientos veintinueve córdobas con cuarenta y ocho centavos). En consecuencia, el costo total correspondiente únicamente a materiales para la señalización vertical informativa del tramo analizado asciende a C\$ 12,444.04 (doce mil cuatrocientos cuarenta y cuatro córdobas con cuatro centavos), valor que representa exclusivamente el componente material, sin incluir costos de instalación, transporte, supervisión ni gastos indirectos.

5.6.2.2. Señalización horizontal – Costo directo.

Tabla 18. Línea continua central – costo directo.

Item	Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total	Observaciones
1	Pintura termoplástica para demarcación vial.	m ²	963	C\$43.80	C\$42,179.40	7% de desperdicio
2	Microesferas de vidrio para retrorreflexión tipo I y III	m ²	963	C\$12.80	C\$12,326.40	7% de desperdicio
Total:					C\$54,505.80	

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Tabla 19. Líneas continuas laterales – costo directo.

Item	Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total	Observaciones
1	Pintura termoplástica para demarcación vial.	m ²	1926	C\$43.80	C\$84,358.80	7% de desperdicio
2	Microesferas de vidrio para retrorreflexión tipo I y III	m ²	1926	C\$12.80	C\$24,652.80	7% de desperdicio
Total:					C\$109,011.60	

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Tabla 20. Pasos peatonales – costo directo.

Item	Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total	Observaciones
1	Pintura termoplástica para demarcación vial.	m ²	10.3	C\$43.80	C\$451.14	7% de desperdicio
2	Microesferas de vidrio para retrorreflexión tipo I y III	m ²	10.3	C\$12.80	C\$131.84	7% de desperdicio
Total:					C\$582.98	

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Del análisis detallado de precios unitarios correspondiente a las actividades de señalización horizontal, se determinaron los costos directos asociados a cada uno de los elementos que conforman el sistema de demarcación vial del tramo en estudio, considerando exclusivamente el componente material y los insumos necesarios para su ejecución, sin incluir costos indirectos, administrativos o de utilidad. En este contexto, el

costo directo correspondiente a la línea continua central asciende a C\$ 54,505.80 (Cincuenta y cuatro mil quinientos cinco córdobas con ochenta centavos); el costo directo asociado a las líneas laterales se establece en C\$ 109,011.60 (ciento nueve mil once córdobas con sesenta centavos); y el costo directo correspondiente a la demarcación de pasos peatonales se cuantifica en C\$ 582.98 (Quinientos ochenta y dos córdobas con noventa y ocho centavos). En consecuencia, el costo directo total de la señalización horizontal asciende a C\$ 164,100.38 (Ciento sesenta y cuatro mil cien córdobas con treinta y ocho centavos), resultado de la sumatoria de los conceptos previamente descritos.

5.6.2.3. Señalización complementaria - costo directo.

Tabla 21. Accesorios complementarios – costo directo

Item	Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio total	Observaciones
1	Marcador vial retro reflectante (ojo de gato)	und	750	C\$87.50	C\$65,625.00	7% de desperdicio
2	Adhesivo epóxico de señalización vial	galón	4.7	C\$5,840.30	C\$27,449.41	7% de desperdicio
3	Reflector lateral	und	201	C\$63.25	C\$12,713.25	
Total:					C\$105,787.66	

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Del análisis detallado de precios unitarios correspondiente a la señalización complementaria, se determinó el costo directo asociado a los elementos que integran este componente del sistema vial, considerando exclusivamente los materiales e insumos requeridos para su suministro, sin incorporar costos de instalación, transporte, supervisión ni gastos indirectos. En consecuencia, el costo directo total de la señalización complementaria asciende a C\$ 105,787.66 (ciento cinco mil setecientos ochenta y siete córdobas con sesenta y seis centavos). Este valor representa el componente material del sistema complementario y será posteriormente integrado al consolidado general del presupuesto, junto con los demás elementos de señalización vertical y horizontal.

5.6.2.4. Mano de obra Señalización vial.

Tabla 22. Mano de obra señalización vertical.

Item	Cargo	Cantidad	Días	Costo diario (C\$)	Costo total (C\$)
1	Maestro de obra	1	18	C\$1,000.00	C\$18,000.00
2	Albañil	2	18	C\$1,700.00	C\$30,600.00
3	Ayudante (Albañil)	4	18	C\$2,200.00	C\$39,600.00
4	Soldador	1	13	C\$1,000.00	C\$13,000.00
4	Ayudante (Soldador)	1	13	C\$600.00	C\$7,800.00
5	Conductor de apoyo	1	18	C\$850.00	C\$15,300.00
Total:				C\$7,350.00	C\$124,300.00

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Tabla 23. Mano de obra señalización horizontal.

Item	Cargo	Cantidad	Días	Costo diario (C\$)	Costo total (C\$)
1	Especialista en demarcación termoplástica	1	6	C\$1,450.00	C\$8,700.00
2	Operador de caldera	1	6	C\$1,000.00	C\$6,000.00
3	Ayudante	2	6	C\$1,700.00	C\$10,200.00
4	Conductor de vehículo de apoyo	1	6	C\$1,000.00	C\$6,000.00
5	Banderilleros (control del tránsito)	2	6	C\$1,600.00	C\$9,600.00
Total:				C\$6,750.00	C\$40,500.00

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Tabla 24. Mano de obra señalización complementaria.

Item	Cargo	Cantidad	Días	Costo diario (C\$)	Costo total (C\$)
1	Técnico instalador	1	4	C\$1,250.00	C\$5,000.00
3	Ayudante	2	4	C\$1,600.00	C\$6,400.00
4	Conductor de vehículo de apoyo	1	4	C\$1,000.00	C\$4,000.00
5	Banderilleros (control del tránsito)	2	4	C\$1,500.00	C\$6,000.00
Total:				C\$5,350.00	C\$21,400.00

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Del análisis consolidado de los costos asociados a la mano de obra directa para la ejecución del sistema integral de señalización vial, se determinó que el componente correspondiente a la señalización vertical presenta un costo total de C\$ 124,300.00 (ciento veinticuatro mil trescientos córdobas con cero centavos), estimándose una duración de dieciocho días para su implementación, en función del volumen total de dispositivos contemplados y del rendimiento operativo de la cuadrilla asignada.

En lo concerniente a la señalización horizontal, el costo total de mano de obra asciende a C\$ 40,500.00 (cuarenta mil quinientos córdobas con cero centavos), con un plazo estimado de ejecución de seis días, considerando los metros cuadrados totales de demarcación y el rendimiento promedio del equipo termoplástico.

Por su parte, la señalización complementaria presenta un costo total de mano de obra de C\$ 21,400.00 (veintiún mil cuatrocientos córdobas con cero centavos), con una duración estimada de cuatro días, correspondiente a la instalación de dispositivos reflectivos y elementos auxiliares de seguridad vial.

Cabe señalar que, desde el punto de vista técnico-operativo, a partir del tercer día de iniciadas las actividades es viable la ejecución simultánea de la señalización horizontal y complementaria, manteniendo en paralelo el desarrollo de la señalización vertical, lo cual permite optimizar el plazo global del proyecto sin comprometer la calidad ni la seguridad de los trabajos ejecutados.

5.6.2.5. Equipos y herramientas utilizados en la señalización vial.

Tabla 25. Equipos y herramientas – costo directo.

Item	Equipo / herramienta	Cantidad	Días	Costo diario (C\$)	Costo total (C\$)
1	Generador soldador (welder)	1	18	C\$630.00	C\$11,340.00
2	Mezclador manual de concreto	1	18	C\$820.00	C\$14,760.00
3	Camión / camioneta #1	1	18	C\$3,115.00	C\$56,070.00
4	Camión / camioneta #2	1	6	C\$3,115.00	C\$18,690.00
5	Camión / camioneta #3	1	4	C\$3,115.00	C\$12,460.00
6	Taladro eléctrico	3	18	C\$540.00	C\$9,720.00
7	Esmeril angular	2	18	C\$360.00	C\$6,480.00
8	Máquina aplicadora de pintura termoplástica	1	6	C\$7,847.50	C\$47,085.00
9	Caldera / termofusor de pintura	1	6	C\$6,205.00	C\$37,230.00
10	Sistema dosificador de esferas de vidrio	1	6	C\$2,920.00	C\$17,520.00
11	Sopladora / compresor de limpieza superficial	1	6	C\$1,277.50	C\$7,665.00
Total:				C\$29,945.00	C\$239,020.00

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Del análisis correspondiente a la utilización de equipos y herramientas requeridos para la ejecución de la señalización vertical, horizontal y complementaria, se determinó que el costo total asociado a este componente asciende a C\$ 239,020.00 (doscientos treinta y nueve mil veinte córdobas netos). Este valor contempla la disponibilidad y operación de equipos mayores, tales como vehículo de transporte, generador eléctrico, soldadora, mezcladora de concreto y equipo aplicador de pintura termoplástica, así como herramientas menores indispensables para la correcta instalación de dispositivos y demarcaciones viales. El monto señalado representa el costo neto correspondiente al período total de ejecución del proyecto, estimado en veinte días calendario, y forma parte integral de los costos directos de ejecución.

Tabla 26. Costo total – costo directo.

Item	Actividad	Sub actividad	Costo total (C\$)
1	Señalización vertical	Señalización preventiva	C\$323,232.32
2		Señalización restrictiva	C\$26,843.70
3		Señalización informativa	C\$12,444.04
4	Señalización horizontal	Línea continua central	C\$54,505.80
5		Línea continua lateral	C\$109,011.60
6		Paso peatonal	C\$582.98
7	Señalización complementaria	Marcador vial retro reflectante (ojo de gato)	C\$93,074.41
8		Reflector lateral	C\$12,713.25
9	Mano de obra	Señalización vertical	C\$124,300.00
10		Señalización horizontal	C\$40,500.00
11		Señalización complementaria	C\$21,400.00
12	Equipos y herramientas		C\$239,020.00
Total:			C\$1,057,628.10

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Del análisis consolidado de los costos directos correspondientes a la ejecución integral del sistema de señalización vertical, horizontal y complementaria, se determinó que el costo directo total del proyecto asciende a C\$ 1,057,628.10 (un millón cincuenta y siete mil seiscientos veintiocho córdobas con diez centavos). Este valor comprende exclusivamente los componentes asociados a materiales, mano de obra directa, equipos y herramientas requeridos para la ejecución física de las actividades, excluyendo costos indirectos, administrativos, de supervisión e imprevistos.

5.6.3. Consolidación del costo indirecto.

Una vez determinado el costo directo total del proyecto, resulta necesario incorporar los costos indirectos asociados a la correcta gestión, supervisión y administración de la obra. Estos costos no intervienen directamente en la ejecución física de las actividades de señalización; sin embargo, son indispensables para garantizar el control técnico, la coordinación operativa, la logística, la seguridad y la adecuada planificación del proyecto. En este sentido, los costos indirectos se estiman mediante la aplicación de porcentajes técnicos sobre el costo directo total, conforme a criterios de práctica constructiva y administración de obras, permitiendo estructurar de manera integral el presupuesto general del proyecto.

Tabla 27. Costo indirecto total.

Item	Concepto	Descripción	% aplicado	Base del cálculo (C\$)	Monto total (C\$)
1	Supervisión Técnica	Ingeniero residente, control de calidad, inspector de obra	12%	C\$1,057,628.10	C\$126,915.37
2	Administración	Personal administrativo, fiscal, responsable de almacén, servicios básicos, coordinación logística	7.20%	C\$1,057,628.10	C\$76,149.22
3	Transporte y Logística	Movilización de materiales, combustible, traslados operativos	6%	C\$1,057,628.10	C\$63,457.69
4	Imprevistos	Contingencias técnicas y variaciones no previstas	8%	C\$1,057,628.10	C\$84,610.25
Total:					C\$351,132.53

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Del cálculo efectuado sobre la base del costo directo total del proyecto, el componente correspondiente a los gastos administrativos que incluye personal administrativo, fiscal, responsable de almacén, servicios básicos y coordinación logística asciende a C\$ 351,132.53 (trescientos cincuenta y un mil ciento treinta y dos córdobas con cincuenta y tres centavos). Este monto representa el valor estimado destinado a cubrir las actividades de gestión y administración necesarias para el adecuado desarrollo del proyecto, formando parte integral de los costos indirectos de ejecución.

5.6.4. Conclusión.

Una vez consolidados los costos directos e indirectos del proyecto de señalización vial, se determina que el costo directo total asciende a C\$ 1,057,628.10 (un millón cincuenta y siete mil seiscientos veintiocho córdobas con diez centavos), monto que comprende exclusivamente los materiales, la mano de obra directa y los equipos y herramientas necesarios para la ejecución física de la señalización vertical, horizontal y complementaria en el tramo evaluado.

Por su parte, el costo indirecto total se establece en C\$ 351,132.53 (trescientos cincuenta y un mil ciento treinta y dos córdobas con cincuenta y tres centavos), valor que incluye los componentes asociados a supervisión técnica, gastos administrativos, transporte y logística, así como imprevistos, indispensables para garantizar la adecuada gestión, coordinación y control del proyecto.

En consecuencia, el costo total del proyecto asciende a C\$ 1,408,760.63 (un millón cuatrocientos ocho mil setecientos sesenta córdobas con sesenta y tres centavos), resultado de la sumatoria de los costos directos e indirectos. Este valor representa la inversión integral requerida para la implementación del sistema de señalización vial propuesto, constituyendo una estimación técnica y financieramente sustentada conforme a los criterios metodológicos desarrollados en el presente estudio.

5.6.5. Análisis y justificación del costo.

El monto total estimado del proyecto asciende a C\$ 1,408,760.63 (un millón cuatrocientos ocho mil setecientos sesenta córdobas con sesenta y tres centavos), cifra que representa un valor razonable y proporcional a la longitud del tramo, su complejidad topográfica y la cantidad de señales requeridas.

El presupuesto refleja una relación costo – beneficio favorable, considerando que la inversión en señalización reduce significativamente los índices de accidentabilidad y mejora la seguridad operacional del corredor vial, especialmente en sectores con curvas cerradas, pendientes pronunciadas y zonas de concentración peatonal

5.6.6. Cronograma

Este apartado resume de forma estructurada las actividades desarrolladas a lo largo del estudio, permitiendo visualizar de manera clara el avance, la organización y la secuencia lógica del trabajo ejecutado. Este cronograma constituye una guía de referencia para comprender cómo se logró integrar el levantamiento de campo, el análisis técnico y la formulación de la propuesta final, asegurando un proceso metodológico ordenado y coherente.

Tabla 28. Etapa 1 - Diagnóstico preliminar y planificación.

Ítem	Etapa	Actividad	Duración (días)	Predecesora	Observaciones
1	Diagnóstico	Revisión de información previa (normas MTI/SIECA, mapas, antecedentes)	3	—	Trabajo de gabinete
2		Gestión de datos estadísticos de accidentes (Policía, MTI, etc.)	5	1	Incluye solicitudes formales y constancias
3		Diseño de fichas de levantamiento y formularios de encuesta	3	1	Fichas para señalización, puntos críticos, encuestas
4		Planificación logística del trabajo de campo	2	2,3	Definición de personal, vehículo, combustible. Etc.

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Tabla 29. Etapa 2 - Trabajo de campo (levantamiento y aforos).

Ítem	Etapa	Actividad	Cantidad asociada	Duración (días)	Predecesora	Observaciones
5	Campo	Reconocimiento general del tramo (9 km)	9 km	1	4	Identificación preliminar de zonas críticas, niebla, curvas
6		Levantamiento de señalización existente (vertical, horizontal, dispositivos)	9 km	2	5	Registro con GPS, fotografías y fichas de campo
7		Registro fotográfico y georreferenciado de puntos de alta accidentabilidad	—	1	5	Puede hacerse paralelo al levantamiento de señalización
8		Aforos vehiculares (conteos en distintos días y horarios)	3 días aforo + 1 de organización	4	5	
9		Aplicación de encuestas a usuarios y residentes	—	1	5	Percepción de causas de accidentes, señalización, visibilidad
10		Verificación y cierre del levantamiento de campo	—	3	6,7,8,9	Revisión de vacíos de información, correcciones puntuales

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Tabla 30. Etapa 3 – procesamiento y análisis.

Ítem	Etapa	Actividad	Duración (días)	Predecesora	Observaciones
11	Análisis	Depuración y codificación de la base de datos de señalización existente	3	10	Ingreso de datos en hojas de cálculo (Excel)
12		Procesamiento de aforos (TPD, TPDA, factor K, distribución horaria)	3	8,10	Aforo consolidado por tipo de vehículo y sentido
13		Análisis de accidentabilidad (tipo de siniestro, severidad, ubicación)	4	2,7,10	Cruce de datos de Policía, campo y cartografía
14		Integración del diagnóstico global del tramo	2	11,12,13	Identificación de tramos críticos y necesidades de señalización

Fuentes: Elaboración propia (2026).

Tabla 31. Etapa 4 – diseño de la propuesta de señalización.

Ítem	Etapa	Actividad	Cantidad asociada	Duración (días)	Predecesora	Observaciones
15	Diseño	Definición de criterios de diseño (velocidad de diseño, normas aplicables)	—	2	14	Basado en MTI, SIECA 2000, AASHTO, etc.
16		Ubicación propuesta de señales verticales (planos y coordenadas)	175 señales	3	15	Incluye 39 señales comunes, 109 chevrones de curva, 8 en alcantarillas, 13 reglamentarias, 6 informativas
17		Diseño de señalización horizontal (ejes, bordes, pasos peatonales)	27 km de línea + 7 pasos	3	15	18 km de línea lateral (2 bandas), 9 km línea central
18		Definición de dispositivos complementarios (tachas, reflectores, defensas)	750 ojos de gato + 201 reflectores	2	15	Selección de ubicación y espaciamiento
19		Cómputos métricos de la señalización propuesta	—	2	16,17,18	Cuantificación detallada de unidades para presupuesto
20		Presupuesto de obra y análisis de costos	—	2	19	Costos unitarios y totales por tipo de señal y dispositivo

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Tabla 32. Etapa 5 – cierre académico (tesis).

Ítem	Etapa	Actividad	Duración (días)	Predecesora	Observaciones
32	Cierre	Actualización de planos y esquemas de la propuesta final	3	31	Planos definitivos de señalización vertical y horizontal
33		Ajuste de capítulos de la tesis según el cronograma y la propuesta	4	31	Coherencia entre resultados, propuesta y cronograma
34		Elaboración final de conclusiones, recomendaciones y anexos	3	33	Incorporación del cronograma como anexo técnico

Fuentes: Elaboración propia (2025).

5.6.3. Conclusión – Propuesta de la señalización.

El presupuesto referencial presentado constituye un estimado técnico confiable, elaborado con base en precios oficiales y criterios normativos reconocidos.

La inversión proyectada de C\$ 1,408,760.63 (un millón cuatrocientos ocho mil setecientos sesenta córdobas con sesenta y tres centavos), representa una solución económicamente viable para la mejora de la seguridad vial y la orientación del usuario en el tramo Wale – Santa María de Pantasma, consolidando la factibilidad de la propuesta desde el punto de vista técnico, operativo y financiero.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Conclusiones

El estudio realizado permitió diagnosticar un nivel altamente crítico de accidentabilidad, situando este corredor vial entre los más peligrosos del país e incluso, potencialmente, el más peligroso de Nicaragua debido a la confluencia de factores físicos, ambientales y humanos que incrementan el riesgo de siniestros.

Entre los factores más determinantes se identificó la deficiente o inexistente señalización vial, tanto vertical como horizontal, lo cual genera confusión entre los usuarios de la vía, especialmente en puntos de alta circulación, curvas pronunciadas y zonas de pendiente. La ausencia de señales reglamentarias y preventivas, la topografía accidentada del tramo, sumada a la pérdida de visibilidad por condiciones climáticas adversas en particular la presencia constante de nieblas densas y neblinas matutinas, agrava la peligrosidad del recorrido y reduce drásticamente los márgenes de seguridad.

Los registros de accidentes proporcionados por la Policía Nacional evidencian que el índice de severidad (1.66%) y la tasa de mortalidad (0.43) superan los valores de referencia establecidos para carreteras rurales del mismo tipo. En consecuencia, se confirma que la combinación entre falta de señalización, geometría vial deficiente y visibilidad reducida conforma un escenario de alto riesgo para conductores y peatones.

De acuerdo con las observaciones de campo y el levantamiento técnico, se constató además que muchas señales existentes presentan desgaste, inclinación o rotura, y en algunos tramos la demarcación horizontal es prácticamente inexistente, dificultando la orientación y el cumplimiento de las normas de tránsito.

Finalmente, se concluye que el tramo estudiado requiere una intervención prioritaria e integral. La señalización deficiente no solo constituye una carencia técnica, sino un factor causal directo de accidentes y muertes viales, cuya solución puede representar una reducción significativa en la tasa de siniestralidad. Por tanto, la propuesta de señalización vial complementaria elaborada en este trabajo constituye una medida esencial para restablecer las condiciones de seguridad y garantizar una movilidad más ordenada, segura y sostenible.

Recomendaciones

1. Implementar de forma urgente la propuesta de señalización vial desarrollada en el presente estudio, priorizando las zonas con mayores índices de accidentes. Se recomienda ejecutar esta intervención conforme a las normativas de la SIECA (2000) y la Convención de Viena sobre Señalización Vial (1968).
2. Instalar señalización preventiva luminosa y reflectante en curvas, pendientes y sectores con neblina recurrente, utilizando materiales de alta retrorreflexión que garanticen visibilidad durante la noche y bajo condiciones meteorológicas adversas.
3. Reforzar la demarcación horizontal con pinturas termoplásticas o de base acrílica de larga duración, especialmente en bordes, ejes y zonas de paso peatonal, para orientar adecuadamente a los conductores y reducir la tasa de desvíos involuntarios.
4. Diseñar un plan permanente de inspección y mantenimiento de señalización, a cargo de las autoridades municipales y el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), que permita reemplazar o rehabilitar señales deterioradas de manera periódica.
5. Ampliar la cobertura del alumbrado público y mejorar el drenaje superficial en los sectores más afectados por la humedad y la niebla, reduciendo el riesgo de deslizamientos y pérdidas de adherencia del pavimento.
6. Fortalecer la educación vial y la fiscalización policial, enfocándose en la reducción de velocidad, uso de casco en motociclistas y respeto a las normas de tránsito, con presencia constante de agentes en puntos críticos.
7. Incorporar la variable climática en la planificación vial, instalando dispositivos de advertencia meteorológica y señalización temporal cuando las condiciones de niebla alcancen niveles de riesgo alto para la visibilidad.
8. Monitorear de manera continua los indicadores de accidentabilidad, comparando la evolución de los siniestros antes y después de la implementación de la señalización propuesta, con el fin de medir la efectividad del proyecto y realizar ajustes técnicos.

BIBLIOGRAFIAS



Bibliografía

- (OMS), O. M. (2018). *Informe sobre la Seguridad Vial en el Mundo 2018*. Ginebra: OMS.
- [AASHTO], American Association of State Highway and Transportation Officials. (2001). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington.
- [MTI], Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2020). *Informe Anual de Seguridad Vial y Estado de la Infraestructura Vial*. MTI. Managua.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2019). *Informe de Seguridad Vial en America Latina y El Caribe*. Washington D.C.
- Board, T. R. (s.f.). *Highway Capacity Manual 2010*. Estados Unidos.
- Cabanzos, C. (2016). *Volumenes de transito*. Bucaramanga.
- Canal RB3 TV. (s.f.). Obtenido de <https://www.facebook.com/CanalRB3conDavid/posts/nicaragua-la-temible-cuesta-de-wale-en-pantasma-fue-testigo-de-otro-terrible-acc/3529532460423941/>
- Datfor. (2016). <https://datfor.com/>. Obtenido de <https://datfor.com/metricas/aforador-vehicular/#:~:text=Un%20aforo%20vehicular%20es%20un,en%20una%20red%20de%20carreteras>.
- eadic. (s.f.). *Eadic.com*. Obtenido de <https://eadic.com/blog/entrada/estudio-de-transito-impactos-resultados-y-herramientas/#:~:text=Un%20estudio%20de%20tr%C3%A1nsito%20tiene,un%20diagn%C3%B3stico%20que%20proporcione%20soluciones>
- Equipo tecnico Ocaa - FII. (2021). *Ratios de accidentabilidad*. Lima, Peru.
- Ferrovial. (s.f.). *ferrovial.com*. Recuperado el Noviembre de 2024, de <https://www.ferrovial.com/es/recursos/partes-de-una-carretera/>
- gob.mx. (s.f.). *Gob.mx*. Obtenido de <https://www.gob.mx>
- Gobierno de Mexico. (6 de JUNIO de 2024). *Velocidad de Punto*. Obtenido de <https://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/velocidades-de-punto/>
- Google Earth. (5 de agosto de 2025). *Earth*. Obtenido de <https://earth.google.com/>
- Icoms. (2019). *Icoms Better detection, better mobility*. Obtenido de <https://www.icomsdetections.com/es/conteo-trafico/#:~:text=Conteo%20tr%C3%A1fico%2C%20C2%BFPor%20qu%C3%A9%20es,la%20fluid ez%20de%20las%20carreteras>.
- Informativo 24/7 Jinotega. (s.f.). Obtenido de <https://www.facebook.com/photo/?fbid=1054491936724682&set=pcb.1054491960058013>

LA ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA DE NICARAGUA. (18 de enero de 2024). LEY PARA EL RÉGIMEN DE CIRCULACIÓN VEHICULAR E INFRACCIONES DE TRÁNSITO. *La Gaceta*. Recuperado el febrero de 2025, de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/09cf45d6fc893868062572650059911e/057f675973d9fa1a06258ad60079dcd9?OpenDocument>

La Nueva Radio Ya. (s.f.). Obtenido de <https://nuevaya.com.ni/sucesos/conductor-quedo-fracturado-al-caer-con-camion-cargado-de-pollo-en-la-cuesta-de-wale-en-jinotega/>

Lumivero Company. (2025). <https://atlasti.com/>. Obtenido de <https://atlasti.com/es/guias/guia-investigacion-cualitativa-parte-1/investigacion-con-metodos-mixtos#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20con%20m%C3%A9todos%20mixtos%20es%20un%20paradigma%20de%20investigaci%C3%B3n,para%20lograr%20una%20mejor%20compresi%C3%B>

Mapa Urbano Ingenieria. (31 de mayo de 2025). *Aforos Vehiculares, Peatonales y Ciclistas*. Obtenido de <https://www.mapaurbano.mx/blog/aforos-vehiculares-ciclistas-peatonales>

Ministerio de Fomento, España. (2013). *Análisis de Accidentabilidad en las Redes de Carreteras del Estado*. Madrid, España.

Ministerio de transporte - Colombia. (s.f.). *Manual de Señalización Vial*. Obtenido de <https://mintransporte.gov.co/documentos/29/manuales-de-senalizacion-vial/?genPagDocs=2>

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (2021). *Manual de Señalización vial para carreteras de Nicaragua*. Managua, Nicaragua.

MOSAICO CSI. (29 de abril de 2025). Obtenido de <https://mosaicocsi.com/2025/04/29/muere-atropellado-en-la-cuesta-de-wale-santa-maria-de-pantasma/>

Nacional, D. d. (s.f.). Estadísticas de Accidentes de Tránsito 2008, 2009, 2010 y 2011.

Nacional, Departamento de Prevención y Educación Vial Policía. (2014). *Ley 431 Para El Régimen de Circulación Vehicular e Infracciones De Tránsito*. Managua, Nicaragua: La Gaceta, Diario Oficial N°. 66. Recuperado el Noviembre de 2024

Naciones Unidas. (1968). *Convención de Viena sobre Señalización Vial*. Viena.

Policía Nacional de Nicaragua. (Abril de 2014). *Normas de Circulación Ley 431*. Managua, Nicaragua. Recuperado el Noviembre de 2024, de <https://tramitesenlinea.policia.gob.ni/DocT/NormasdeCirculacion.aspx>

Policía Nacional de Nicaragua. (2021). *Informe sobre la Accidentabilidad de Tránsito en Nicaragua*.

Policía Nacional, D. d.–S. (2025). *Informe de análisis de accidentabilidad*. Jinotega.

Rodríguez, M. (2015). *Transporte y movilidad urbana*. México: Trillas.

Secretaría de comunicaciones y transportes. (2011). *Definición de indicadores de seguridad vial en la red carretera federal*. Ciudad de México: Sanfandila, Qro. 2011.

- Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2015). *Anex del acuerdo Centroamericano sobre señales viales uniformes*. Ciudad de Guatemala: Proyecto Regional de Apoyo a la Integración Económica Centroamericana y a la Implementación del Acuerdo de Asociación (PRIAIAA). Obtenido de <https://www.sieca.int/producto/acuerdo-centroamericano-sobre-senales-viales-uniforme/>
- SIECA. (Diciembre de 2000). *Catálogo de Señales de Tránsito*. Ciudad de Guatemala. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/manual-centroamericano-de-dispositivos-de-control-del-transito.pdf>
- SIECA. (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes Para El Control Del Tránsito*.
- tn8. (3 de junio de 2025). Obtenido de <https://www.tn8.ni/sucesos/vivos-de-milagro-al-caer-con-todo-y-camion-a-un-abismo-en-la-cuesta-el-wale-pantasma/>
- United Nations Treaty Collection. (1968). *Convención de Viena sobre la Circulación Vial*. Viena. Obtenido de https://treaties.un.org/pages/Overview.aspx?path=overview/faq/page1_en.xml
- USAID. (01 de julio de 2010). <https://www.apccolombia.gov.co/>. Obtenido de <https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/files/usaaid-guia-practica-inventarios-viales.pdf>
- VosTV. (30 de diciembre de 2023). Obtenido de <https://www.vostv.com.ni/nacionales/33543-adolescente-fallece-en-vuelco-de-camioneta-en-jino/>
- Zeledón, N. M. (24 de mayo de 2023). *ABC Stereo*. Obtenido de https://www.radioabcs stereo.com/nota/22779_dos-lesionados-tras-volcarse-una-rastra-cargada-de-postes-de-concreto-en-wale-pantasma

ANEXOS



Anexos Capitulo II. Inventario vial.

Clasificación de la señalización vial.

- Señalización Reglamentaria.

Ilustración 11. Serie de límite de velocidad (R-2).



Ensamblajes Típicos



Fuente: (Catálogo de Señales de Tránsito., 2000).

Ilustración 12. Serie otras Restricciones (R-13).



R-13-1



R-13-2



R-13-3



R-13-4



R-13-5



R-13-6



R-13-7



R-13-8

Fuente: (Catálogo de Señales de Tránsito., 2000).

- Señalización Informativa.

Ilustración 13. Serie carreteras y localidades (II-5).



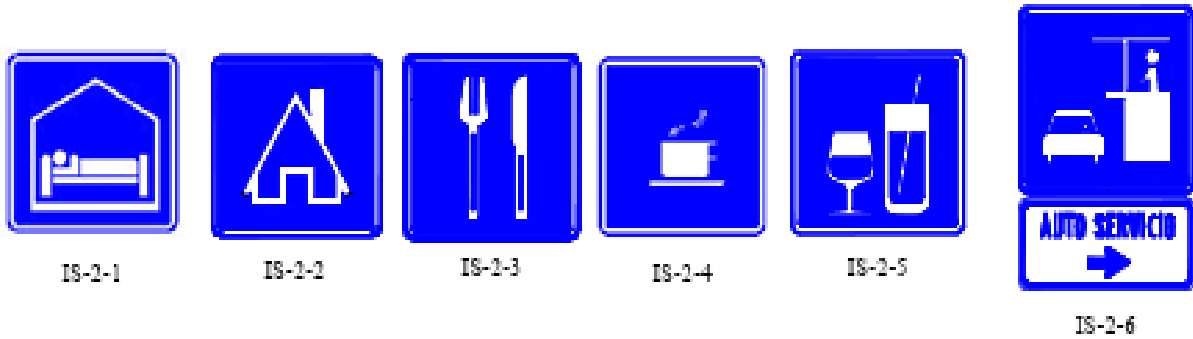
II-5-1



II-5-2

Fuente: (Catálogo de Señales de Tránsito., 2000).

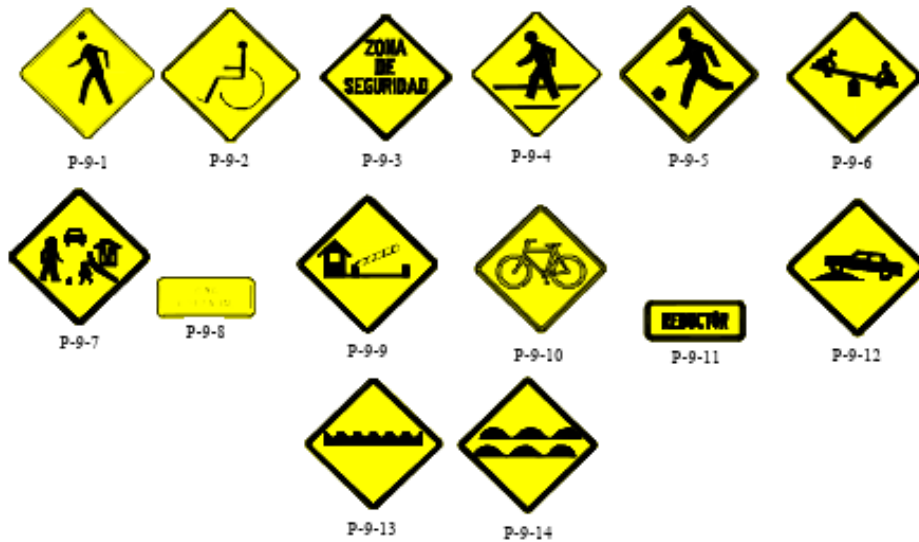
Ilustración 14. Serie de Servicios básicos.



Fuente: (Catálogo de Señales de Tránsito., 2000).

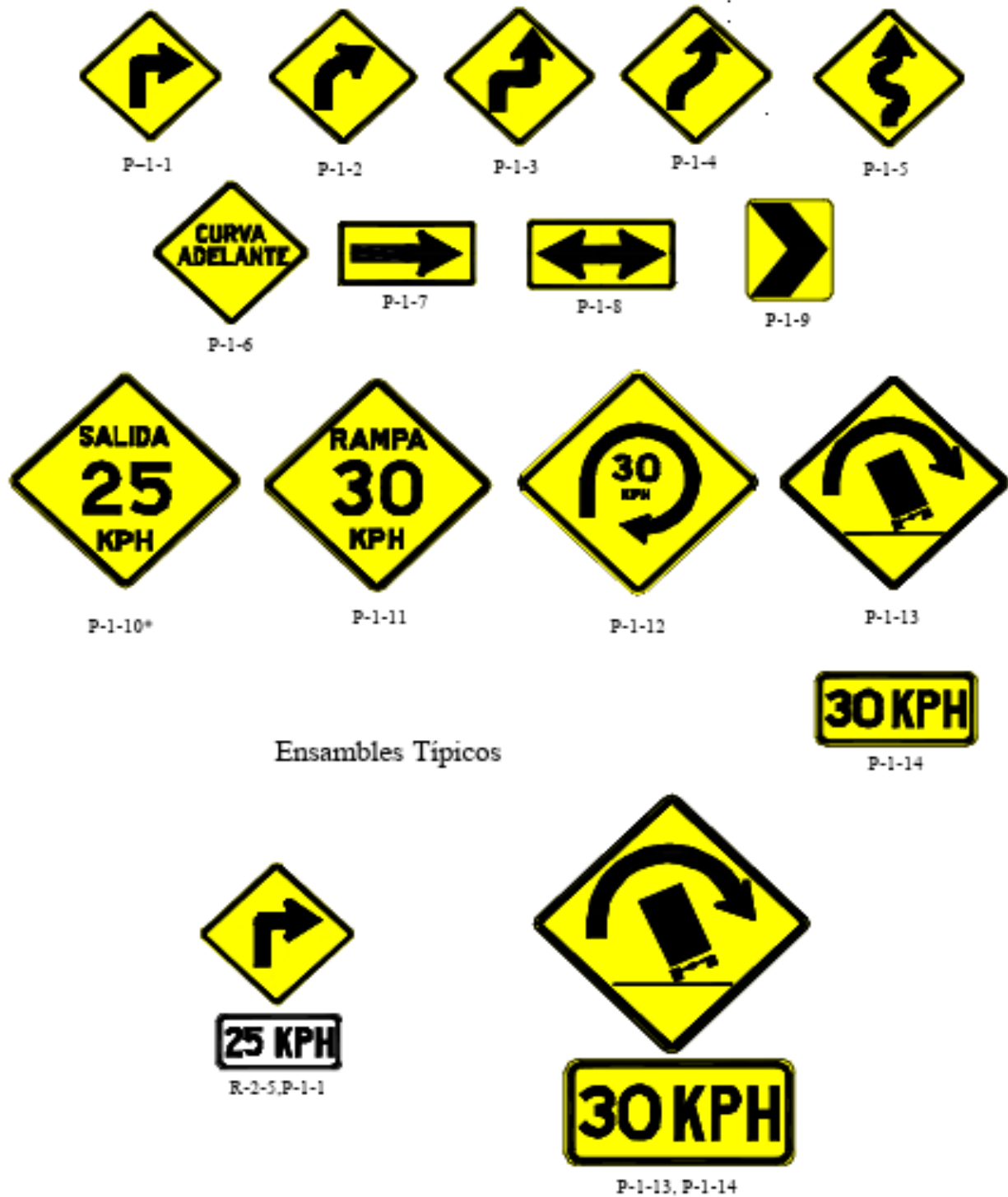
- **Señalización preventiva.**

Ilustración 15. Serie presencia de peatones (P-9).



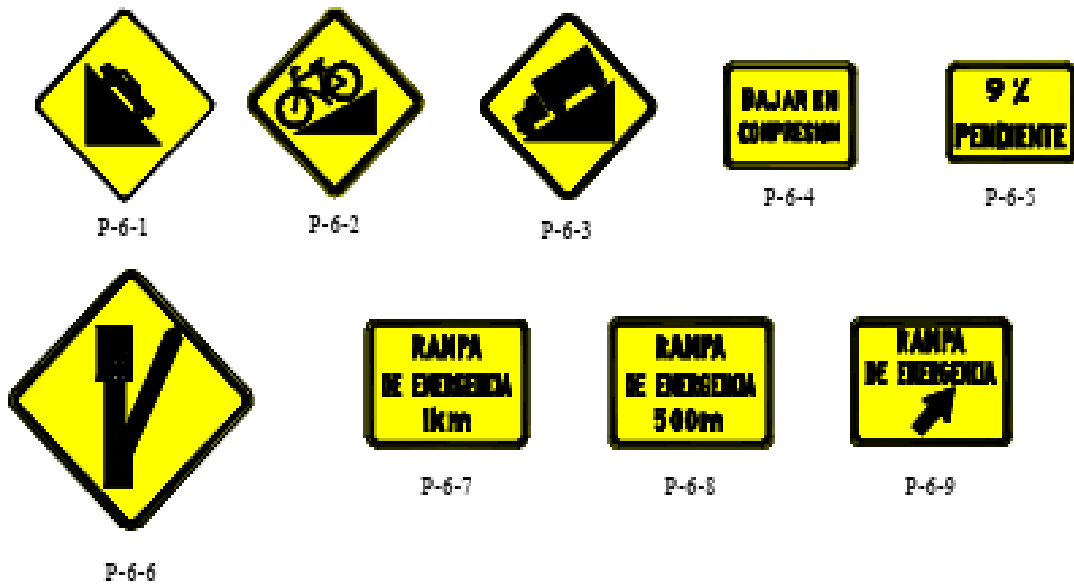
Fuente: (Catálogo de Señales de Tránsito., 2000).

Ilustración 16. Serie de cambios (P-1).



Fuente: (Catálogo de Señales de Tránsito., 2000).

Ilustración 17. Serie pendientes pronunciadas.



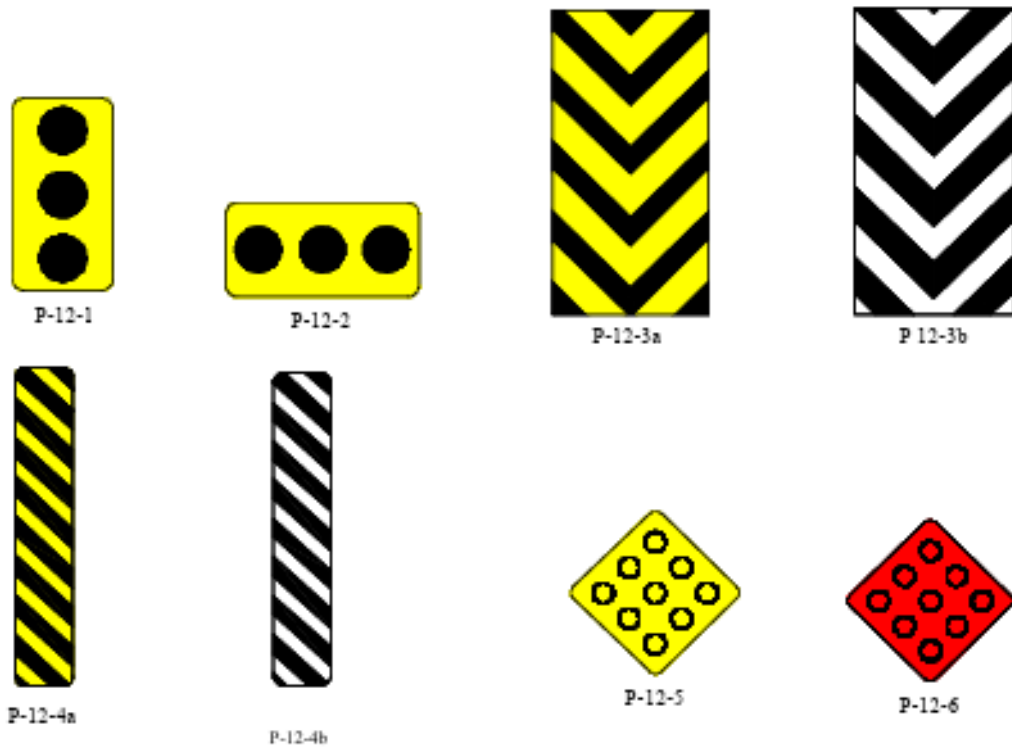
Fuente: (Catálogo de Señales de Tránsito., 2000).

Ilustración 18. Serie condiciones de peligro.



Fuente: (Catálogo de Señales de Tránsito., 2000).

Ilustración 19. Serie delineadores de objetos.



Fuente: (Catálogo de Señales de Tránsito., 2000).

Metodología del levantamiento.

Tabla 33. Formato de levantamiento (Vertical).

fecha: 28/08/2025

FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL

ITEM	TIPO DE SEÑALIZACIÓN	NOMBRE	UBICACIÓN		ESTADO FÍSICO			OBSERVACIONES
			ESTACIÓN	BANDA	MALO	REGULAR	BUENO	
1	Informativa	Parada de bus	200+390	D		/		Poste malonado y oxidado
2	Reglamentaria	Limite de veloci	200+151	I	/			Lámina opaca
3	Preventiva	Curva	200+911	I			/	Buena visibilidad
4	Preventiva	Doble curva	201+130	D		/		Desgaste de la placa
5	Preventiva	Arce escolares	201+243	D		/		Lámina opaca
6	Reglamentaria	Lim. de Veloci	201+120	I	/			Sopante oxidado
7	Preventiva	Z. de Peatons	201+980	D		/		Falta tornillo superior
8	Informativa	Escuela 100m	202+065	I			/	Buena visibilidad y lámina
9	Preventiva	Curva	202+443	D		/		Señalización nueva
10	Reglamentaria	Lim. de Vel.	202+635	D		/		Alfara nueva a la norma.
11	Preventiva	D. curva	203+010	D	/			Desprendimiento de pintura
12	Informativa	Z. escolar	203+150	D		/		Sopante golpeado
13	Preventiva	Arce escolares	203+000	I			/	Buena ubicación
14	Reglamentaria	Lim. velocidad	203+412	I			/	Buena ubicación
15	Preventiva	Z. peatons	204+079	D	/			Señalización instalada por un vehículo
16	Preventiva	Curva	204+296	I		/		Poste oxidado
17	Preventiva	D. Curva	204+965	I			/	Buena ubicación
18	Reglamentaria	Lim. de Vel	205+032	D		/		Poste oxidado
19	Informativa	Escuela 100m	205+186	I		/		Lámina golpeada
20	Preventiva	Z. Peatones	205+87L	I		/		Mala visibilidad

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Tabla 34. Formato de levantamiento. (Vertical).

28/08/2025

FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL

ÍTEM	TIPO DE SEÑALIZACIÓN	NOMBRE	UBICACIÓN			ESTADO FÍSICO			OBSERVACIONES
			ESTACIÓN	BANDA	MALO	REGULAR	BUENO		
21	Preventiva	C. escolar	205+928	D				Bien instalada	
22	Reglamentaria	Lim. velocidad	206+110	D	/			Lámina sucia	
23	Preventiva	Curva	206+263	D				Bien ubicada	
24	Informativa	Cona. escolar	206+865	I				Bien ubicada pero sucia	
25	Preventiva	D. Curva	207+077	D				Señalización vandaleada	
26	Preventiva	Z. de Pantón	207+280	D				Poste con oxido	
27	Reglamentaria	Lim. de Vel	207+550	I				Bien ubicada pero sucia	
28	Preventiva	C. de escalones	207+910	D				Bien ubicada	
29	Preventiva	Curva	208+033	I				Tornillo inferior suelto	
30	Informativa	Parado de buses	208+266	I				Base golpeada	
31	Preventiva	Z. de Pantón	208+400	D				Poste oxidado	
32	Reglamentaria	Lim. de Vel	208+420	D				Buena visibilidad	
33	Preventiva	D. curva	208+490	I				Falta tornillo inferior	
34	Preventiva	C. de escalones	208+630	I				Señalización opaca	
35	Reglamentaria	Lim. de vel	208+775	I				Regular visibilidad	
36	Preventiva	Curva	208+820	D				Poste golpeado	
37	Informativa	Esquina 100 m	208+915	D				Bien ubicada	
38	Preventiva	Z. de pantón	208+986	D				Buena visibilidad	

[Handwritten signature]

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Puntos críticos sin señalización.

Ilustración 20. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 21. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 22. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 23. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 24. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 25. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 26. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 27. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 28. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 29. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 30. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 31. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 32. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 33. Puntos críticos sin señalización vial.



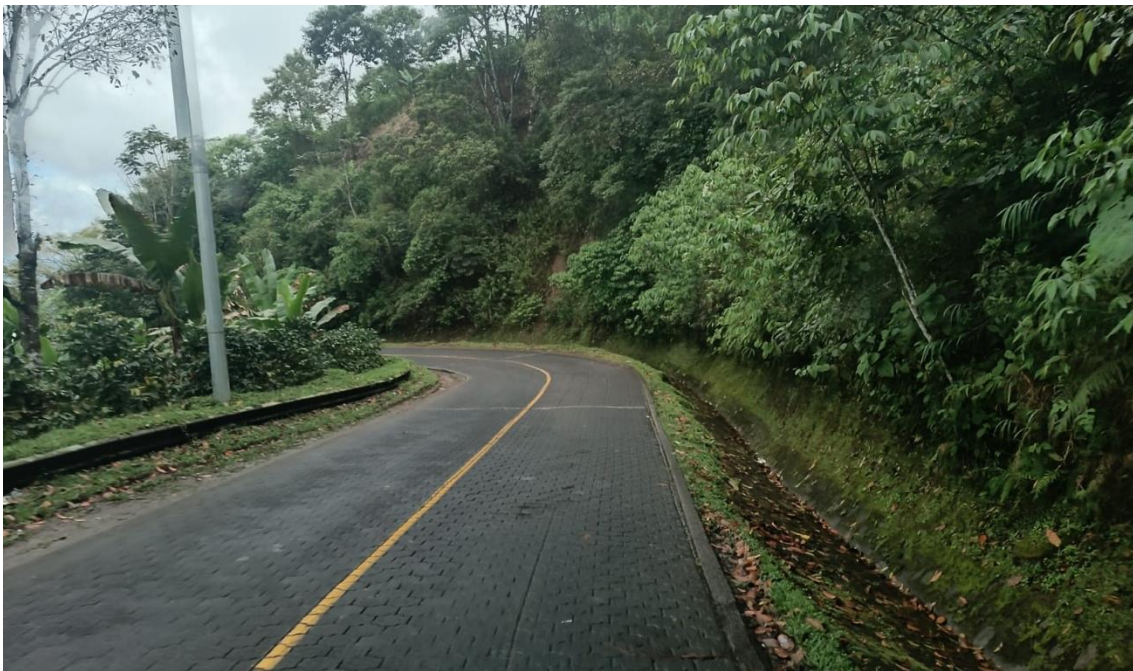
Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 34. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 35. Puntos críticos sin señalización vial.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Anexos Capitulo III. Aforo Vehicular.

Ilustración 36. Formato conteo vehicular manual.

CONTEO VEHICULAR
DIAGNÓSTICO DE SEÑALIZACIÓN VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA KM (200 – 209); EN LA COMUNIDAD DE WALE,
MUNICIPIO DE SANTA MARIA DE PANTASMA, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA.
 ELABORADO POR: PABLO SERGIO CASTILLO SOZA #1

FECHA: Lunes, 01 de septiembre de 2025

HORA: 6:00 am - 6:15 am		TOTAL
VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u>		18
BUSES: <u>1</u>		1
CAMIONES: <u> </u>		5
CABEZALES:		0
MOTOCICLETAS: <u> </u> <u> </u> <u> </u>		12
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: <u> </u>		2
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:		0
		(38)

HORA: 6:16 am - 6:30 am		TOTAL
VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u> <u> </u>		13
BUSES:		0
CAMIONES: <u> </u>		3
CABEZALES: <u> </u>		2
MOTOCICLETAS: <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u>		18
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: <u> </u>		2
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION: <u>1</u>		1
		(39)

HORA: 6:31 am - 6:45 am		TOTAL
VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u>1</u>		26
BUSES: <u> </u>		2
CAMIONES: <u> </u> <u>1</u>		6
CABEZALES: <u>1</u>		1
MOTOCICLETAS: <u> </u> <u>1</u>		6
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: <u>1</u>		1
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:		0
		(42)

CONTEO VEHICULAR
DIAGNÓSTICO DE SEÑALIZACIÓN VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA KM (200 – 209); EN LA COMUNIDAD DE WALE,
MUNICIPIO DE SANTA MARIA DE PANTASMA, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA.
 ELABORADO POR: PABLO SERGIO CASTILLO SOZA #2

FECHA: 01 de septiembre de 2025.

HORA: 6:46 am - 7:00 am		TOTAL
VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u>		20
BUSES:		0
CAMIONES: <u> </u> <u> </u>		6
CABEZALES: <u>1</u>		1
MOTOCICLETAS: <u> </u>		3
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL:		0
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:		0
		(32)

HORA: 7:01 am - 7:15 am		TOTAL
VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u> <u> </u>		14
BUSES:		0
CAMIONES: <u> </u> <u>1</u>		6
CABEZALES:		0
MOTOCICLETAS: <u> </u> <u> </u> <u> </u>		13
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: <u>1</u>		1
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:		0
		(34)

HORA: 7:16 am - 7:30 am		TOTAL
VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u>		25
BUSES:		0
CAMIONES:		0
CABEZALES: <u>1</u>		1
MOTOCICLETAS: <u> </u> <u>1</u>		6
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: <u> </u>		2
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:		0
		(34)

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Registro fotográfico correspondiente al conteo manual realizado el día lunes, 01 de septiembre de 2025, este dentro del periodo de mayor intensidad vehicular observado en el tramo de estudio.

Ilustración 37. Formato s conteo vehicular manual.

CONTEO VEHICULAR
DIAGNÓSTICO DE SEÑALIZACIÓN VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA KM (200 - 209); EN LA COMUNIDAD DE WALE,
MUNICIPIO DE SANTA MARIA DE PANTASMA, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA.
 ELABORADO POR: PABLO SERGIO CASTILLO SOZA

FECHA: Miércoles, 03 de septiembre de 2025. Nº 1

HORA: 6:00 am - 6:15 am

VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u> <u> </u>	TOTAL
BUSES: <u>1</u>	15
CAMIONES: <u> </u>	1
CABEZALES: <u>1</u>	4
MOTOCICLETAS: <u> </u> <u> </u>	8
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: <u>1</u>	1
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	0
	(30)

HORA: 6:16 am - 6:30 am

VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u> <u>1</u>	TOTAL
BUSES: <u>1</u>	11
CAMIONES: <u> </u>	1
CABEZALES: <u>1</u>	2
MOTOCICLETAS: <u> </u> <u> </u> <u> </u>	1
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: <u>1</u>	12
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	1
	0
	(28)

HORA: 6:31 am - 6:45 am

VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u>1</u>	TOTAL
BUSES: <u>1</u>	21
CAMIONES: <u> </u> <u> </u>	1
CABEZALES: <u>1</u>	9
MOTOCICLETAS: <u> </u>	1
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: <u> </u>	5
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	2
	0
	(39)

CONTEO VEHICULAR
DIAGNÓSTICO DE SEÑALIZACIÓN VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA KM (200 - 209); EN LA COMUNIDAD DE WALE,
MUNICIPIO DE SANTA MARIA DE PANTASMA, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA.
 ELABORADO POR: PABLO SERGIO CASTILLO SOZA

FECHA: Miércoles, 03 de septiembre de 2025. Nº 2

HORA: 6:46 am - 7:00 am

VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u>	TOTAL
BUSES: <u>1</u>	17
CAMIONES: <u> </u> <u>1</u>	0
CABEZALES: <u>1</u>	6
MOTOCICLETAS: <u> </u>	1
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: <u>1</u>	3
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	1
	0
	(28)

HORA: 7:01 am - 7:15 am

VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u> <u> </u>	TOTAL
BUSES: <u>1</u>	14
CAMIONES: <u> </u>	0
CABEZALES: <u>1</u>	4
MOTOCICLETAS: <u> </u> <u> </u>	0
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: <u>1</u>	9
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	0
	1
	7
	(28)

HORA: 7:16 am - 7:30 am

VEHICULOS LIVIANOS: <u> </u> <u> </u>	TOTAL
BUSES: <u>1</u>	19
CAMIONES: <u> </u>	1
CABEZALES: <u>1</u>	5
MOTOCICLETAS: <u> </u> <u> </u>	0
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: <u>1</u>	10
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	1
	0
	(36)

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Registro fotográfico correspondiente al conteo manual realizado el día miércoles, 03 de septiembre de 2025, este dentro del periodo de mayor intensidad vehicular observado en el tramo de estudio.

Ilustración 38. Formato conteo vehicular manual.

CONTEO VEHICULAR
DIAGNÓSTICO DE SEÑALIZACIÓN VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA KM (200 – 209); EN LA COMUNIDAD DE WALE,
MUNICIPIO DE SANTA MARIA DE PANTASMA, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA.
ELABORADO POR: PABLO SERGIO CASTILLO SOZA

FECHA: Viernes, 05 de septiembre de 2025. # 2

HORA: 6:46 am - 7:00 am ### 1

VEHICULOS LIVIANOS: ### ### ###	TOTAL
BUSES:	15
CAMIONES: 111	0
CABEZALES:	3
MOTOCICLETAS: ### 111	0
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL:	0
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	0
	(26)

HORA: 7:01 am - 7:15 am

VEHICULOS LIVIANOS: ### ### ### 111	TOTAL
BUSES: 1	18
CAMIONES: 1111	1
CABEZALES: 11	4
MOTOCICLETAS: ### 111	2
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL:	1
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	0
	(32)

HORA: 7:16 am - 7:30 am

VEHICULOS LIVIANOS: ### ### ### ### 111	TOTAL
BUSES:	24
CAMIONES:	0
CABEZALES:	0
MOTOCICLETAS: ### 111	0
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL:	0
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	0
	(32)

CONTEO VEHICULAR
DIAGNÓSTICO DE SEÑALIZACIÓN VIAL DEL TRAMO DE CARRETERA KM (200 – 209); EN LA COMUNIDAD DE WALE,
MUNICIPIO DE SANTA MARIA DE PANTASMA, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA.
ELABORADO POR: PABLO SERGIO CASTILLO SOZA

FECHA: 05/ sep 1 2025 # 3

HORA: 7:31 am - 7:45 am

VEHICULOS LIVIANOS: ### ### ### 111	TOTAL
BUSES: 1	18
CAMIONES: 1111	1
CABEZALES: 1	4
MOTOCICLETAS: ### ###	1
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: 1	10
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	1
	0
	(35)

HORA: 7:46 am - 8:00 am

VEHICULOS LIVIANOS: ### ### ### 1	TOTAL
BUSES:	16
CAMIONES: 1	0
CABEZALES: 11	1
MOTOCICLETAS: ### 1111	2
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL: 1	9
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	1
	0
	(29)

HORA: 8:01 am - 8:15 am

VEHICULOS LIVIANOS: ### 1111	TOTAL
BUSES:	9
CAMIONES:	0
CABEZALES:	0
MOTOCICLETAS: ### 1111	0
VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL:	9
MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION:	0
	0
	(18)

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Registro fotográfico correspondiente al conteo manual realizado el día viernes, 05 de septiembre de 2025, este dentro del periodo de mayor intensidad vehicular observado en el tramo de estudio.

Clasificación y tipología de los vehículos analizados en el conteo.

Ilustración 39. Clasificación vehicular.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimotos, Cuadriciclos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi-Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
EQUIPO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
PESADO	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuentes: (Catálogo de Señales de Tránsito., 2000).

Resumen de datos del aforo vehicular.

Tabla 36. Registro de aforo vehicular.

HORA	VEHICULOS LIVIANOS	BUSES	VEHICULOS PESADOS		MOTOCICLETAS	VEHICULO S DE TRACCION HUMANA O ANIMAL	MAG. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION	TOTAL
			FAMIONFC	FABE7A1FC				
6:00 am - 6:15 am	18	1	5	0	12	2	0	38
6:16 am - 6:30 am	13	0	3	2	18	2	1	39
6:31 am - 6:45 am	26	2	6	1	6	1	0	42
6:46 am - 7:00 am	20	0	8	1	3	0	0	32
6:00 am - 7:00 am	77	3	22	4	39	5	1	152
7:00 am - 7:15 am	14	0	6	0	13	1	0	34
7:16 am - 7:30 am	25	0	0	1	6	2	0	34
7:31 am - 7:45 am	19	1	7	0	8	0	0	35
7:46 am - 8:00 am	13	1	4	1	9	1	0	29
7:00 am - 8:00 am	71	2	17	2	36	4	0	132
8:00 am - 8:15 am	13	0	2	2	10	1	0	28
8:16 am - 8:30 am	10	1	4	0	6	0	0	21
8:31 am - 8:45 am	11	0	5	0	6	0	0	22
8:46 am - 9:00 am	14	0	0	2	3	0	0	19
8:00 am - 9:00 am	48	1	11	4	23	1	0	88
9:01 am - 8:15 am	11	0	3	2	2	0	0	18
9:16 am - 9:30 am	9	1	7	2	4	0	0	23
9:31 am - 9:45 am	11	0	4	0	1	0	0	16
9:46 am - 10:00 am	17	0	2	0	1	1	0	21
9:00 am - 10:00 am	43	1	16	4	8	1	0	73
10:01 am - 10:15 am	12	0	1	0	0	1	0	14
10:16 am - 10:30 am	8	0	1	2	2	1	2	16
10:31 am - 10:45 am	12	1	0	3	4	0	0	20
10:46 am - 11:00 am	10	0	2	0	5	2	0	19
10:00 am - 11:00 am	42	1	4	5	11	4	2	65
11:01 am - 11:15 am	14	0	3	0	6	0	0	23
11:16 am - 11:30 am	18	1	3	0	3	0	0	25
11:31 am - 11:45 am	24	1	4	2	2	0	0	33
11:46 am - 12:00 pm	17	0	3	3	10	0	0	33
11:00 am - 12:00 am	73	2	13	5	21	0	0	114
12:01 pm - 12:15 pm	21	0	3	0	11	0	0	35
12:16 pm - 12:30 pm	26	0	8	0	8	1	0	43
12:31 pm - 12:45 pm	31	1	6	0	5	0	0	43
12:46 pm - 1:00 pm	7	1	3	1	4	2	0	18
12:00 pm - 1:00 pm	85	2	20	1	28	3	0	139
1:01 pm - 1:15 pm	16	0	2	1	13	1	0	33
1:16 pm - 1:30 pm	16	1	0	2	0	0	0	19
1:31 pm - 1:45 pm	15	1	0	0	1	0	0	17
1:46 pm - 2:00 pm	13	0	0	0	2	1	0	16
1:00 pm - 2:00 pm	60	2	2	3	16	2	0	85
2:01 pm - 2:15 pm	13	0	0	1	2	1	0	17
2:16 pm - 2:30 pm	14	0	1	0	4	0	0	19
2:31 pm - 2:45 pm	9	1	1	0	6	0	0	17
2:46 pm - 3:00 pm	4	0	0	0	6	0	0	10
2:00 pm - 3:00 pm	40	1	2	1	18	1	0	63
3:01 pm - 3:15 pm	12	0	4	2	13	0	0	31
3:16 pm - 3:30 pm	9	1	3	0	12	0	1	26
3:31 pm - 3:45 pm	10	0	0	1	0	1	0	12
3:46 pm - 4:00 pm	11	0	1	1	8	0	0	21
3:00 pm - 4:00 pm	42	1	6	4	33	1	1	88
4:01 pm - 4:15 pm	13	0	1	0	4	0	0	18
4:16 pm - 4:30 pm	13	2	1	2	3	0	0	21
4:31 pm - 4:45 pm	12	0	4	1	0	1	0	18
4:46 pm - 5:00 pm	10	0	5	2	0	1	0	18
4:00 pm - 5:00 pm	48	2	11	5	7	2	0	75
5:01 pm - 5:15 pm	15	2	0	1	2	0	0	20
5:16 pm - 5:30 pm	15	1	1	0	4	2	0	23
5:31 pm - 5:45 pm	18	0	6	2	13	2	0	41
5:46 pm - 6:00 pm	9	0	2	0	9	1	0	21
5:00 pm - 6:00 pm	57	3	9	3	28	5	0	105
TOTAL 12 HORAS	686	21	135	41	270	29	4	1186

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Tabla 37. Registro de aforo vehicular.

MIERCOLES, 03 DE SEPTIEMBRE DE 2025

HORA	VEHICULOS LIVIANOS	BUSES	VEHICULOS PESADOS		MOTOCICLETAS	VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL	MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION	TOTAL
			CAMIONES	CARRETALES				
6:00 am - 6:15 am	15	1	4	1	8	1	0	30
6:16 am - 6:30 am	11	1	2	1	12	1	0	28
6:31 am - 6:45 am	21	1	9	1	5	2	0	39
6:46 am - 7:00 am	17	0	6	1	3	1	0	28
6:00 am - 7:00 am	64	3	21	4	28	5	0	125
7:00 am - 7:15 am	14	0	4	0	9	0	1	28
7:16 am - 7:30 am	19	1	5	0	10	1	0	36
7:31 am - 7:45 am	17	1	5	2	8	0	0	33
7:46 am - 8:00 am	12	0	3	1	6	0	0	22
7:00 am - 8:00 am	62	2	17	3	33	1	1	119
8:00 am - 8:15 am	13	0	2	0	7	0	0	22
8:16 am - 8:30 am	11	0	3	0	6	0	0	20
8:31 am - 8:45 am	14	0	3	0	6	0	0	23
8:46 am - 9:00 am	16	1	5	2	8	2	0	34
8:00 am - 9:00 am	54	1	15	2	27	2	0	102
9:01 am - 9:15 am	9	1	3	0	3	0	0	16
9:16 am - 9:30 am	12	0	3	1	5	0	0	21
9:31 am - 9:45 am	10	0	4	1	6	1	0	22
9:46 am - 10:00 am	14	0	2	0	3	0	0	19
9:00 am - 10:00 am	45	1	12	2	17	1	0	78
10:01 am - 10:15 am	9	0	1	0	1	0	0	11
10:16 am - 10:30 am	6	1	1	0	1	0	0	9
10:31 am - 10:45 am	9	1	2	2	3	0	0	17
10:46 am - 11:00 am	7	0	2	0	3	0	0	12
10:00 am - 11:00 am	31	2	6	2	8	0	0	49
11:01 am - 11:15 am	10	0	2	0	4	1	0	17
11:16 am - 11:30 am	10	0	2	0	5	0	0	17
11:31 am - 11:45 am	12	1	3	2	5	0	0	23
11:46 am - 12:00 pm	10	1	2	0	7	0	0	20
11:00 am - 12:00 pm	42	2	9	2	21	1	0	77
12:01 pm - 12:15 pm	12	0	2	1	6	0	0	21
12:16 pm - 12:30 pm	14	1	4	1	8	2	0	30
12:31 pm - 12:45 pm	9	0	4	1	8	0	0	22
12:46 pm - 1:00 pm	16	0	2	2	5	0	0	25
12:00 pm - 1:00 pm	51	1	12	5	27	2	0	98
1:01 pm - 1:15 pm	8	0	2	0	8	0	0	18
1:16 pm - 1:30 pm	8	0	2	0	9	0	0	19
1:31 pm - 1:45 pm	10	1	1	0	4	0	0	16
1:46 pm - 2:00 pm	9	0	0	2	2	0	0	13
1:00 pm - 2:00 pm	35	1	5	2	23	0	0	66
2:01 pm - 2:15 pm	9	0	1	0	2	0	0	12
2:16 pm - 2:30 pm	3	0	1	0	3	0	0	7
2:31 pm - 2:45 pm	6	1	0	0	3	0	0	10
2:46 pm - 3:00 pm	9	0	0	1	4	1	0	15
2:00 pm - 3:00 pm	27	1	2	1	12	1	0	44
3:01 pm - 3:15 pm	8	0	0	0	5	0	0	13
3:16 pm - 3:30 pm	7	1	4	2	6	2	0	22
3:31 pm - 3:45 pm	9	0	0	1	5	0	0	15
3:46 pm - 4:00 pm	8	1	0	0	4	0	1	14
3:00 pm - 4:00 pm	32	2	4	3	20	2	1	64
4:01 pm - 4:15 pm	9	0	0	1	3	0	0	13
4:16 pm - 4:30 pm	8	0	0	0	3	0	0	11
4:31 pm - 4:45 pm	9	1	2	0	2	1	0	15
4:46 pm - 5:00 pm	12	0	2	0	3	0	0	17
4:00 pm - 5:00 pm	38	1	4	1	11	1	0	56
5:01 pm - 5:15 pm	11	1	2	2	5	0	0	21
5:16 pm - 5:30 pm	10	1	3	1	4	1	0	20
5:31 pm - 5:45 pm	12	1	0	0	9	1	0	23
5:46 pm - 6:00 pm	6	0	1	0	6	2	0	15
5:00 pm - 6:00 pm	39	3	6	3	24	4	0	79
TOTAL 12 HORAS	520	20	111	30	251	20	2	954

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Tabla 38. Registro de aforo vehicular.

VIERNES, 05 DE SEPTIEMBRE DE 2025

HORA	VEHICULOS LIVIANOS	BUSES	VEHICULOS PESADOS		MOTOCICLETAS	VEHICULOS DE TRACCION HUMANA O ANIMAL	MAQ. AGRICOLA O DE CONSTRUCCION	TOTAL
			CAMIONES	CARRETALES				
6:00 am - 6:15 am	14	0	0	0	6	2	0	22
6:16 am - 6:30 am	13	1	0	2	4	3	1	24
6:31 am - 6:45 am	16	2	2	0	9	0	0	29
6:46 am - 7:00 am	15	0	3	0	8	0	0	26
6:00 am - 7:00 am	58	3	5	2	27	5	1	101
7:00 am - 7:15 am	18	1	4	2	7	0	0	32
7:16 am - 7:30 am	24	0	0	0	8	0	0	32
7:31 am - 7:45 am	18	1	4	1	10	1	0	35
7:46 am - 8:00 am	16	0	1	2	9	1	0	29
7:00 am - 8:00 am	76	2	9	5	34	2	0	128
8:00 am - 8:15 am	9	0	0	0	9	0	0	18
8:16 am - 8:30 am	12	0	0	0	4	0	0	16
8:31 am - 8:45 am	11	1	4	0	8	0	0	24
8:46 am - 9:00 am	14	0	2	1	7	1	0	25
8:00 am - 9:00 am	46	1	6	1	28	1	0	83
9:01 am - 9:15 am	12	0	0	1	5	0	0	18
9:16 am - 9:30 am	17	0	0	2	3	0	0	22
9:31 am - 9:45 am	12	0	2	0	6	1	0	21
9:46 am - 10:00 am	11	2	2	0	6	0	0	21
9:00 am - 10:00 am	52	2	4	3	20	1	0	82
10:01 am - 10:15 am	11	0	0	1	5	0	0	17
10:16 am - 10:30 am	11	0	3	0	2	0	0	16
10:31 am - 10:45 am	11	0	0	1	5	0	0	17
10:46 am - 11:00 am	14	1	3	1	4	0	0	23
10:00 am - 11:00 am	47	1	6	3	16	0	0	73
11:01 am - 11:15 am	12	0	0	1	4	1	1	19
11:16 am - 11:30 am	11	0	1	1	5	0	1	19
11:31 am - 11:45 am	13	1	1	0	5	0	0	21
11:46 am - 12:00 pm	13	1	1	2	4	0	0	21
11:00 am - 12:00 pm	49	2	3	4	19	1	2	80
12:01 pm - 12:15 pm	11	0	1	2	5	0	0	19
12:16 pm - 12:30 pm	10	2	2	0	5	0	0	19
12:31 pm - 12:45 pm	16	0	1	0	7	1	0	25
12:46 pm - 1:00 pm	15	0	0	1	5	0	0	21
12:00 pm - 1:00 pm	52	2	4	3	22	1	0	84
1:01 pm - 1:15 pm	12	0	2	2	4	2	0	22
1:16 pm - 1:30 pm	11	1	0	2	7	2	0	23
1:31 pm - 1:45 pm	12	0	0	0	6	0	0	18
1:46 pm - 2:00 pm	13	1	0	0	3	0	0	17
1:00 pm - 2:00 pm	48	2	2	4	20	4	0	80
2:01 pm - 2:15 pm	11	0	3	0	4	0	0	18
2:16 pm - 2:30 pm	17	0	0	0	2	2	0	21
2:31 pm - 2:45 pm	16	0	0	0	6	0	0	22
2:46 pm - 3:00 pm	10	1	1	1	2	0	0	15
2:00 pm - 3:00 pm	54	1	4	1	14	2	0	76
3:01 pm - 3:15 pm	14	0	0	1	5	1	0	21
3:16 pm - 3:30 pm	12	0	1	1	4	0	0	18
3:31 pm - 3:45 pm	11	2	1	0	4	1	0	19
3:46 pm - 4:00 pm	10	0	2	0	3	1	0	16
3:00 pm - 4:00 pm	47	2	4	2	19	3	0	77
4:01 pm - 4:15 pm	12	0	0	1	9	0	0	22
4:16 pm - 4:30 pm	16	0	2	2	8	0	0	28
4:31 pm - 4:45 pm	11	1	2	2	6	0	0	22
4:46 pm - 5:00 pm	16	0	2	0	6	1	0	25
4:00 pm - 5:00 pm	55	1	6	5	29	1	0	97
5:01 pm - 5:15 pm	12	0	2	0	8	2	0	24
5:16 pm - 5:30 pm	10	2	3	2	8	0	0	25
5:31 pm - 5:45 pm	11	0	0	0	6	1	0	18
5:46 pm - 6:00 pm	14	1	1	1	9	1	0	27
5:00 pm - 6:00 pm	47	3	6	3	31	4	0	94

TOTAL 12 HORAS Fuentes: Elaboración propia (2025). 3 1052

Cálculos y parámetros del aforo vehicular.

Tabla 39. Principales indicadores del flujo vehicular.

ITEM	PARAMETROS	FORMULA	RESULTADOS
1	Volumen Vehicular Horario	$V = \sum \frac{Vi}{n}$	89 veh
2	Volumen Horario Máximo (VHM)	$VHM = \max(V1, V2, \dots, Vn)$	151 veh
3	Volumen Promedio Diario (VPD)	$VPD = \frac{\sum_{i=1}^n Vdiario}{n}$	1,064 veh
4	Factor de Hora Pico (FHP o PHF)	$FHP = \frac{V_{hora\ pico}}{4xV_{cuarto\ de\ hora\ más\ alto}}$	0.89
5	Promedio de VHP	–	134.67 veh/h
6	Desviación estándar	$E = \sqrt{\frac{\sum(VI - \%VHP)^2}{n}}$	14.18 veh/h
7	Coefficiente de variación (CV)	$Coeficiente\ de\ Variación = \frac{Desviación\ Estandar}{Promedio\ de\ VHP}$	0.1053

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Interpretación.

1. Volumen Vehicular Horario= 89 veh/h.

Este representa la cantidad promedio de vehículos que circularon por el punto de conteo durante una hora. En este caso, el resultado de 89 vehículos por hora indica un flujo moderado, característico de vías secundarias o rurales con tránsito intermitente. Este valor sirve como base para comparar la variación del flujo en diferentes horas del día o días de la semana.

2. Volumen Horario Máximo (VHM)= 151 veh/h.

El refleja la hora de mayor intensidad vehicular registrada en el período de observación, en este caso en tres conteos. Con un valor de 151 vehículos por hora, se identifica un pico de circulación notablemente superior al promedio, lo que sugiere la existencia de una hora punta o de mayor demanda, posiblemente asociada a desplazamientos laborales, escolares o comerciales.

3. Volumen Promedio Diario (VPD)= 1,064 veh/día.

El volumen promedio diario es la cantidad total de vehículos que transitan en un día promedio, considerando los diferentes periodos horarios. Un resultado de 1,064 vehículos diarios permite clasificar la vía como de bajo a mediano flujo vehicular, lo que implica una demanda vial manejable, pero suficiente para requerir señalización adecuada y mantenimiento preventivo.

4. Factor de Hora Pico (FHP)= 0.89.

Este indica la relación entre el volumen de la hora más congestionada y el volumen máximo observado dentro de esa hora (normalmente en intervalos de 15 minutos). Un FHP de 0.89 revela una distribución del tránsito relativamente uniforme durante la hora pico, sin concentraciones excesivas en un solo cuarto de hora, lo que sugiere un flujo continuo y sin colapsos importantes.

5. Promedio de Volumen Horario Promedio (VHP)= 134.67 veh/h.

Este parámetro expresa el valor medio de los volúmenes horarios registrados en diferentes días u observaciones. Un promedio de 134.67 vehículos por hora confirma una tendencia estable del flujo vehicular, con pequeñas variaciones entre las horas de observación, coherente con la regularidad esperada en un corredor rural o semiurbano.

6. Desviación Estándar (E) = 14.18 veh/h.

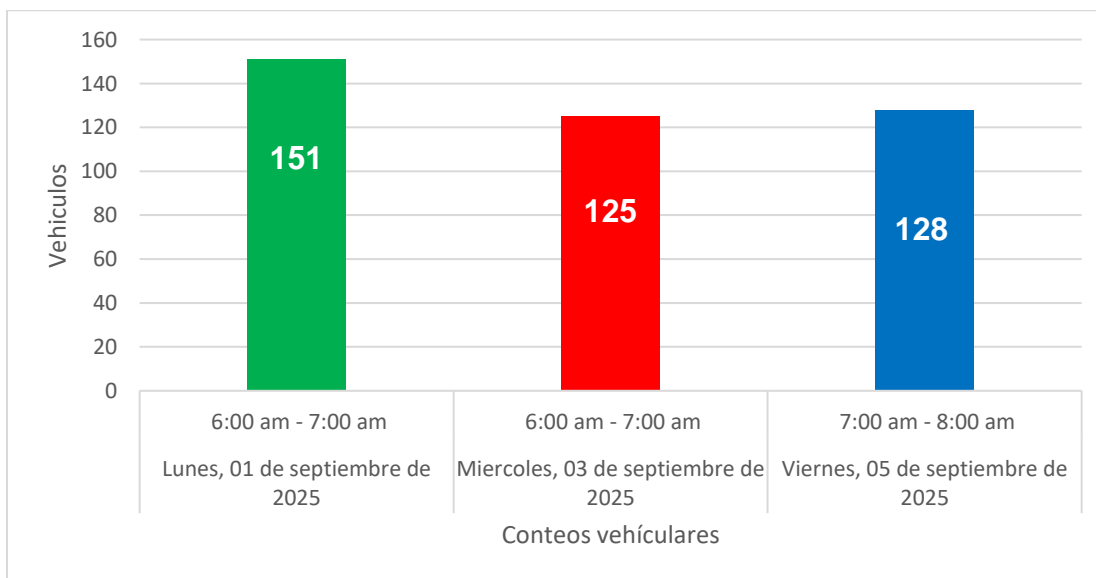
La desviación estándar mide el grado de dispersión o variabilidad del flujo respecto al promedio. Un valor de 14.18 vehículos por hora indica una variabilidad baja, es decir, las mediciones se mantienen bastante cercanas al promedio, sin fluctuaciones significativas en el comportamiento del tránsito.

7. Coeficiente de Variación (CV) = 10.53 %

Por último, este expresa la relación entre la desviación estándar y el promedio, en términos porcentuales. Un CV de 10.53 % corrobora que el flujo vehicular es uniforme y estable, lo que implica confiabilidad en las mediciones y un patrón de tránsito consistente. En estudios de tránsito, valores inferiores al 15 % suelen considerarse indicadores de estabilidad operativa en la vía.

Gráficos y representaciones.

Gráfico 9. Distribución horas picos en los diferentes conteos.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Anexos Capítulo IV: Análisis de accidentabilidad.

Fuentes de información.

El análisis de accidentabilidad vial desarrollado en este estudio se fundamenta en un conjunto de fuentes primarias y secundarias que permiten obtener una visión integral y verificada de la problemática de seguridad vial en el tramo.

La información fue recopilada y procesada mediante métodos mixtos, combinando registros oficiales, levantamientos de campo y observaciones técnicas directas, con el fin de garantizar la confiabilidad, trazabilidad y representatividad de los datos analizados.

a) Fuentes primarias

Corresponden a los datos recolectados directamente durante el desarrollo del estudio. Incluyen:

Registros de la Policía Nacional (Departamento de Tránsito de Santa María de Pantasma Jinotega):

Se emplearon los reportes oficiales de accidentes ocurridos entre los años 2019 y el corriente año 2025, esta base de datos constituye la fuente principal para el análisis estadístico de frecuencia y severidad.

Levantamientos de campo:

Durante las inspecciones realizadas se identificaron los puntos donde han ocurrido siniestros, registrando coordenadas geográficas (GPS), tipo de accidente, características del entorno (curvas, pendientes, visibilidad, tipo de superficie) y la presencia o ausencia de señalización vial.

Estas observaciones permiten relacionar la causa física o ambiental del accidente con la deficiencia de señalización.

b) Fuentes secundarias.

Son documentos, informes o registros oficiales emitidos por entidades competentes y encuestas, que aportan antecedentes y validan los resultados:

Informes técnicos del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI):

Se revisaron los informes anuales del MTI y los reportes de evaluación de seguridad vial elaborados en el marco de los proyectos de mantenimiento rutinario y mejoramiento de carreteras en la región norte del país.

Entrevistas a actores locales:

Se llevaron a cabo consultas informales con conductores, habitantes de comunidades aledañas, transportistas y personal del MTI, quienes aportaron información valiosa sobre los tramos más peligrosos, las condiciones climáticas frecuentes (niebla, lluvia, deslizamientos) y los horarios de mayor siniestralidad.

Esta información cualitativa ayudó a contextualizar los registros estadísticos y confirmar las zonas de riesgo identificadas.

Periodo y cobertura del estudio.

El análisis comprende el registro de accidentes ocurridos del año 2019 a septiembre del año 2025, esto en el tramo comprendido del km 200 al km 209, en la comunidad de Wale, municipio de Santa María de Pantasma, departamento de Jinotega.

Ilustración 40. Ejemplo encuesta realizada a pobladores y conductores que circulaban el tramo de carretera.

ENCUESTA SOBRE CONDICIONES DE SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL EN EL TRAMO WALE – PANTASMA, JINOTEGA

Objetivo: Obtener la percepción de los usuarios de la vía sobre el estado actual de la señalización, las causas más frecuentes de accidentes y las posibles soluciones o mejoras que podrían contribuir a la seguridad vial en el tramo carretero Wale – Pantasma.

Instrucciones:

Marque con una "✓" la opción que considere más apropiada en cada pregunta. En las preguntas abiertas, escriba su respuesta con letra legible.

La información será utilizada únicamente con fines de investigación.

a) Datos Generales del Encuestado (opcional)

1. Sexo:

Masculino Femenino Prefiero no decirlo

2. Edad:

Menos de 18 años 18–25 26–35 36–50 Más de 50

3. Tipo de usuario de la vía:

Conductor Pasajero Peatón Motociclista Residente de la zona

4. Frecuencia de uso del tramo:

A diario Varias veces por semana Ocasionalmente Rara vez

b) Estado General de la Señalización Vial

5. ¿Cómo califica el estado general de la señalización en el tramo?

Buena Regular Mala Inexistente

6. ¿Considera que la cantidad de señales viales es suficiente?

Sí No Parcialmente

Fuentes: Elaboración propia (2025).

**Ilustración 41. Ejemplo encuesta realizada a pobladores
y conductores que circulaban el tramo de carretera.**

7. En su opinión, ¿qué tipo de señalización falta con mayor frecuencia?

- Señales preventivas (curvas, pendientes, zonas escolares, etc.)
- Señales reglamentarias (límites de velocidad, prohibiciones, etc.)
- Señales informativas (distancias, direcciones, servicios, etc.)
- Dispositivos complementarios (ojos de gato, barreras metálicas, tachas reflectivas)

8. ¿Cree que las señales existentes son visibles y comprensibles para los conductores?

- Sí No Parcialmente

9. ¿Qué factores afectan más la visibilidad de las señales? (Puede marcar más de una)

- Vegetación que las cubre
- Deterioro físico o falta de mantenimiento
- Ubicación inadecuada
- Niebla o baja iluminación
- Tamaño o color inadecuado

c) Percepción sobre la Seguridad y Accidentabilidad

10. ¿Ha presenciado o tenido conocimiento de accidentes en este tramo?

- Sí No

11. En caso afirmativo, ¿con qué frecuencia ocurren?

- Muy frecuente Ocasional Raro

12. Según su percepción, ¿cuáles son las principales causas de los accidentes? (Puede marcar más de una)

- Exceso de velocidad
- Falta de señalización adecuada
- Condiciones geométricas de la vía (curvas, pendientes pronunciadas, etc.)

Fuentes: Elaboración propia (2025).

**Ilustración 42. Ejemplo encuesta realizada a pobladores
y conductores que circulaban el tramo de carretera.**

- Conducción bajo efectos del alcohol
- Falta de iluminación nocturna
- Imprudencia de peatones o motociclistas
- Mal estado del pavimento
- Condiciones climáticas adversas (lluvia, niebla, etc.)

13. ¿Considera que este tramo es peligroso?

- Sí No En algunos sectores

14. Si su respuesta fue "Sí" o "En algunos sectores", indique los lugares más críticos o de mayor riesgo según su experiencia: (Opcional)

Por la falta de agua - la vuelta de los esorrio - entrando
al pueblo - la casajera

d) Posibles Soluciones y Recomendaciones

15. ¿Qué medidas considera más efectivas para reducir los accidentes en el tramo? (Puede marcar más de una)

- Mejorar la señalización vertical y horizontal
- Colocar reductores de velocidad (resaltos o bandas sonoras)
- Instalar iluminación pública en puntos críticos
- Campañas educativas y control policial
- Mantenimiento continuo de la carretera
- Implementar barreras metálicas de protección
- Señalización de curvas y zonas de niebla

16. ¿Cree que la población local tiene suficiente conocimiento sobre normas de tránsito?

- Sí No Parcialmente

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Ilustración 43. Ejemplo encuesta realizada a pobladores y conductores que circulaban el tramo de carretera.

17. ¿Qué acciones considera que podrían promover una cultura vial más segura?

Charlas educativas en escuelas y comunidades

Controles policiales más estrictos

Señales con mensajes preventivos

Programas comunitarios de educación vial

Otras (especifique): Que mejoren los lucos y las señales
y pongan policia ocostados

e) Opiniones Abiertas

18. En su opinión, ¿qué debería priorizarse para mejorar la seguridad vial en este tramo?

Más señales y autos de retención

19. ¿Desea agregar alguna recomendación o comentario adicional?

Es bueno estos estudios son buenos para el pueblo.

Gracias por su colaboración.

Los resultados de esta encuesta contribuirán al diagnóstico de seguridad vial del tramo Wale - Pantasma y a la formulación de propuestas de mejora en la señalización y control del tránsito.

Fuentes: Elaboración propia (2025).

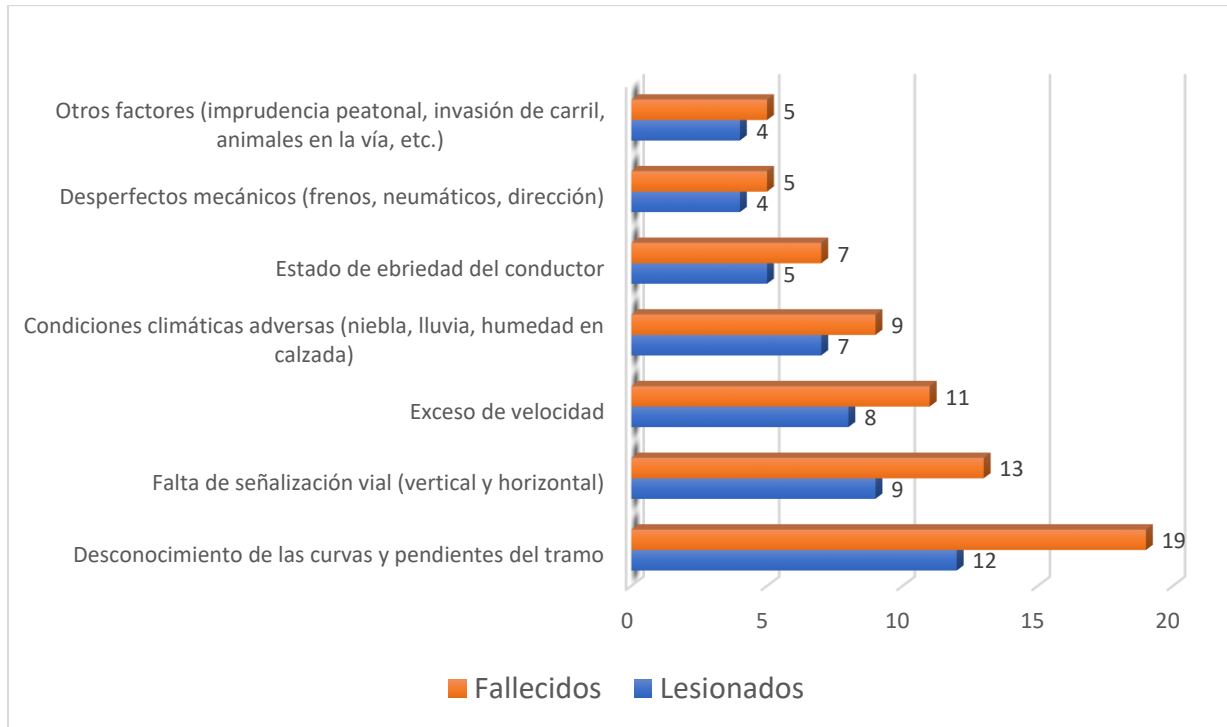
Análisis de causas de accidentabilidad y consecuencias en víctimas.

Tabla 40. Muertos y lesionados según tipo o causa de accidente.

Ítem	Causa principal del accidente	Lesionados	Fallecidos	Total, de víctimas	Porcentaje (%)	Observaciones
1	Desconocimiento de las curvas del tramo	12	19	31	26.7 %	Causa predominante; ausencia de advertencia y visibilidad deficiente en curvas.
2	Falta de señalización vial	9	13	22	18.9 %	Gran incidencia en zonas rurales; señalización inexistente o deteriorada.
3	Exceso de velocidad	8	11	19	16.4 %	Asociado a rectas largas y curvas sin advertencia previa.
4	Condiciones climáticas adversas	7	9	16	13.8 %	La visibilidad y el frenado se ven comprometidos en horas de madrugada y tarde.
5	Estado de ebriedad del conductor	5	7	12	10.3 %	Afecta la reacción y control del vehículo; frecuente en zonas pobladas.
6	Desperfectos mecánicos (frenos, neumáticos, dirección)	4	5	9	7.8 %	Relacionado con vehículos de carga y transporte público.
7	Otros factores (imprudencia peatonal, invasión de carril, animales en la vía, etc.)	4	5	9	7.8 %	Casos aislados; representan causas complementarias.
Total, general		49	69	118	100.0 %	

Fuentes: (Informe de análisis de accidentabilidad, 2025).

Gráfico 10. Muertos y lesionados según tipo o causa de accidente.



Fuentes: (Informe de análisis de accidentabilidad, 2025).

Las cuatro primeras causas (curvas, señalización, velocidad y clima) explican aproximadamente el 76% del total de víctimas, lo que demuestra que los factores viales y de infraestructura son los que más inciden en la accidentabilidad del tramo.

El desconocimiento del trazado y pendientes representa por sí solo más de una cuarta parte de los accidentes fatales, evidenciando la falta de advertencia y orientación al conductor.

La falta de señalización agrava el riesgo al no proporcionar información suficiente sobre curvas, zonas escolares ni límites de velocidad.

Los factores humanos y mecánicos (ebriedad, fallas, imprudencias) tienen menor peso porcentual, pero deben considerarse en las estrategias de control y educación vial.

Tabla 41. Distribución mensual de lesionados y fallecidos.

Ítem	Mes	Lesionados	Fallecidos	Observaciones
1	Enero	7	10	Mayor movilidad por vacaciones y festividades de año nuevo.
2	Febrero	3	4	Flujo normal, baja siniestralidad.
3	Marzo	4	5	Incremento leve previo a Semana Santa.
4	Abril	6	7	Mayor número de viajes por Semana Santa.
5	Mayo	3	4	Periodo de lluvias iniciales, ligera incidencia.
6	Junio	2	3	Reducción del flujo interurbano.
7	Julio	4	5	Vacaciones escolares, aumento leve de movilidad.
8	Agosto	3	4	Sin variaciones significativas.
9	Septiembre	3	5	Incremento asociado a condiciones lluviosas.
10	Octubre	3	4	Condiciones climáticas adversas y niebla.
11	Noviembre	5	8	Aumento por festividades patronales y fin de ciclo agrícola.
12	Diciembre	6	10	Mes con mayor tráfico y siniestros por festividades.
Total, general		49	69	100 % de víctimas registradas (2019–2025)

Fuentes: (Informe de análisis de accidentabilidad, 2025).

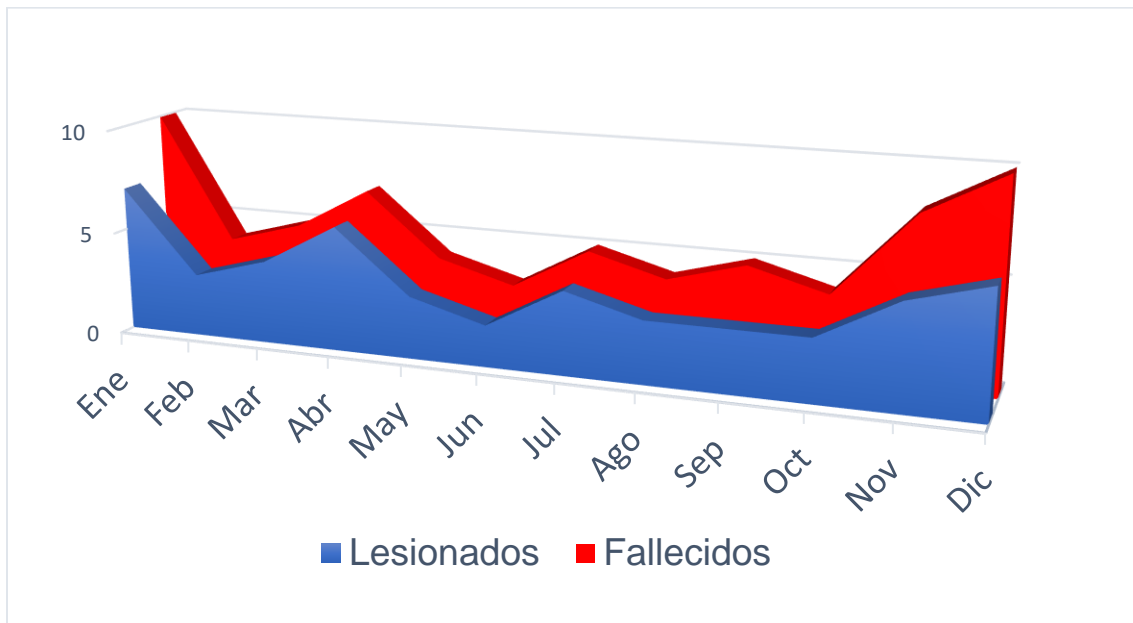
Se evidencia un comportamiento estacional de la accidentalidad, con mayor número de víctimas en los meses festivos y periodos de alta movilidad (diciembre - enero y abril).

Los meses intermedios (junio–septiembre) presentan una reducción gradual de accidentes, coincidiendo con menores desplazamientos y más controles viales.

Los picos de fin de año reflejan la incidencia combinada del exceso de velocidad, consumo de alcohol y déficit de señalización nocturna.

Abril, aunque con un pico menor, conserva relevancia por los desplazamientos masivos en la Semana Santa.

Gráfico 11. Distribución mensual de lesionados y fallecidos.



Fuentes: (Informe de analisis de accidentabilidad, 2025).

Accidentes documentados en el tramo de Wale – Pantasma.

Ilustración 44. Accidente de tránsito en el tramo – 03/06/25.



Fuentes: (tn8, 2025).

Ilustración 45. Accidente de tránsito en el tramo – 05/12/23.



Fuentes: (ABC Stereo, 2023).

Ilustración 46. Accidente de tránsito en el tramo - 09/02/24.



Fuente: (La Nueva Radio Ya, s.f.).

Ilustración 47. Accidente de tránsito en el tramo – 10/07/25.



Fuentes: (ABC Stereo, 2023).

Ilustración 48. Accidente de tránsito en el tramo – 30/12/23.



Fuente: (VosTV, 2023).

Ilustración 49. Accidente de tránsito en el tramo – 06/03/25.



Fuentes: (ABC Stereo, 2023).

Ilustración 50. Accidente de tránsito en el tramo - 29/04/25.



Fuente: (MOSAICO CSI, 2025).

Ilustración 51. Accidente de tránsito en el tramo – 30/05/25.



Fuentes: (ABC Stereo, 2023).

Ilustración 52. Accidente de tránsito en el tramo – 15/05/21



Fuente: (Informativo 24/7 Jinotega, s.f.)

Ilustración 53. Accidente de tránsito en el tramo – 16/01/19.



Fuente: (La Nueva Radio Ya, s.f.).

Ilustración 54. Accidente de tránsito en el tramo - 21/09/20



Fuente: (Canal RB3 TV, s.f.)

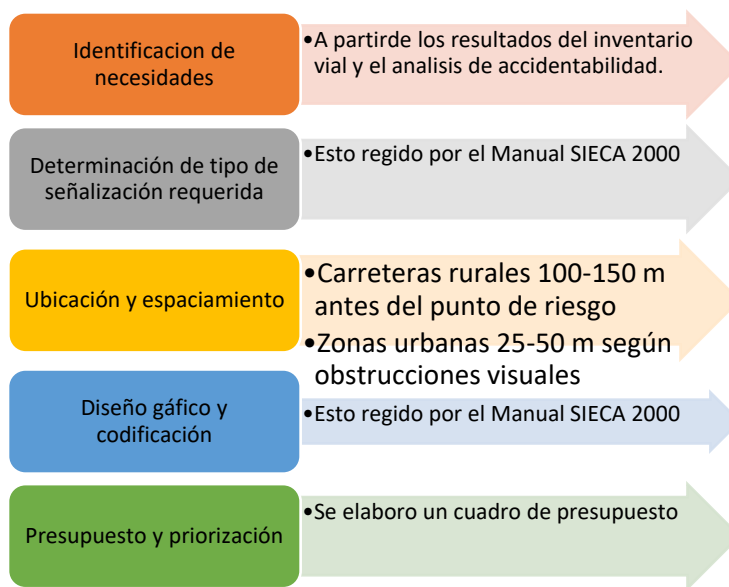
Anexos capítulo V: Propuesta de la señalización vial complementaria.

Tabla 42. Alcances de la propuesta de la señalización.

Tipo de señalización	Alcance	Finalidad
Señalización vertical (preventiva, reglamentaria e informativa)	Instalación y reubicación de señales	Control, advertencia y orientación del tráfico.
Horizontal	Pintura de líneas de los carriles, bordes, pasos peatonales, entre otras leyendas.	Crear orden y canalización del tránsito.
Complementaria	Instalación de dispositivos reflectivos	Mejora de la visibilidad y seguridad nocturna.

Fuentes: Elaboración propia (2025).

Gráfico 12. Metodología de diseño.



Fuentes: Elaboración propia (2025).

Especificaciones Técnicas para la Instalación de Señales Verticales.

Toda entidad contratante, ya sea el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) o el Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV), deberá garantizar que los fabricantes y proveedores de señales viales presenten certificaciones de cumplimiento normativo, emitidas por el proveedor del material y avaladas por la autoridad competente.

Dichas certificaciones deberán acreditar la conformidad con las normas nacionales y regionales establecidas en los manuales de dispositivos uniformes para el control del tránsito.

I. Material Reflectivo para Tableros.

El material reflectivo utilizado en los tableros deberá corresponder, como mínimo, a una lámina reflectiva Tipo I o a materiales de especificaciones técnicas superiores.

Los tableros y delineadores deberán fabricarse en lámina de aluminio, acero galvanizado o poliéster reforzado con fibra de vidrio, modificado con resinas acrílicas y estabilizadores ultravioleta, según el tipo de vía y las condiciones ambientales del entorno.

Se recomiendan los siguientes tipos de materiales y características:

a) Lámina de poliéster reforzado con fibra de vidrio o aluminio (zonas costeras o húmedas).

Requisitos técnicos:

Espesor: $3.4 \text{ mm} \pm 0.4 \text{ mm}$, determinado como promedio de cuatro mediciones perimetrales. La lámina no deberá presentar grietas, arrugas o irregularidades que alteren su comportamiento estructural. Al menos una de sus caras debe ser completamente lisa.

Color: blanco uniforme, sin manchas ni zonas opacas.

Pandeo: al suspender una lámina de 75 cm por sus vértices, la deflexión máxima admisible será de 12 mm.

Resistencia al impacto: la lámina deberá soportar el impacto de una esfera de acero de 4.5 kg desde 3.5 m de altura sin fracturas ni fisuras visibles.

Estabilidad térmica: el material debe conservar sus propiedades entre $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Resistencia al fuego: deberá contener aditivos retardantes que impidan la propagación de la llama.

Protección ante la intemperie: el material deberá estar protegido en ambas caras mediante una capa superficial tipo gel químicamente adherida, que no se desprenda.

Estabilización química: no deberá liberar compuestos volátiles ni contener residuos que afecten la adherencia del material reflectivo.

Tratamiento previo: la cara frontal deberá limpiarse, desengrasarse y secarse antes de aplicar el material reflectivo.

b) Lámina galvanizada o de poliéster reforzado para zonas bajas (altitud < 1000 m), recomendada para carreteras rurales o urbanas a baja altitud.

Características técnicas:

Material: lámina de acero galvanizado calibre 16, recubierta por ambas caras con zinc, mediante inmersión en caliente o electrólisis.

Espesor: $1.5\text{ mm} \pm 0.15\text{ mm}$

Tratamiento frontal: limpieza y desengrasado previo a la aplicación de la película reflectiva; debe estar libre de óxido blanco.

Tratamiento posterior: aplicación de una pintura base epóxica, seguida de esmalte sintético blanco.

c) Lámina de aluminio

Apta para cualquier condición climática, especialmente donde se requiera durabilidad y mínima oxidación.

Especificaciones:

Material: aluminio de aleaciones 6061-T6 o 5052-H38 (o equivalentes).

Espesor: $2.0\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$

Cara frontal: debe limpiarse y desengrasarse completamente, libre de óxidos, con acabado abrasivo grado 100 o más fino.

Cara posterior: debe recibir una capa de imprimante epoxi poliamida y posteriormente esmalte sintético blanco.

II. Dimensiones de los Tableros.

Las dimensiones de los tableros varían según el tipo de señal y el entorno (urbano o rural), de acuerdo con las especificaciones del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito:

Tabla 43. Dimensiones de los tableros.

Tipo de señal	Vías rurales	Vías urbanas
Preventivas	60 x 60 cm (cuadrado)	75 x 75 cm
Preventiva SP-40	90 x 30 cm (rectángulo)	120 x 40 cm
Reglamentarias	60 cm (círculo)	75 cm (círculo)
Reglamentaria SR-01	Octágono 60 cm	Octágono 75 cm
Informativas	50 x 60 cm	60 x 75 cm
Informativas de destino	Según longitud del texto	Según longitud del texto
Informativas turísticas	60 x 60 cm	75 x 75 cm

Fuentes: Elaboración propia (2025).

III. Materiales de Soporte y Ensamble

- Las estructuras de soporte deberán fabricarse en ángulo de hierro 2"×2"×1/4", con límite de fluencia mínimo de 25 kg/mm², sin empalmes ni traslapos.
- Las láminas de los tableros deben fijarse firmemente al poste mediante brazos y crucetas que aseguren rigidez total.
- Las soldaduras deberán ser de alta calidad, garantizando una resistencia mínima del 25 % superior a la del acero base.

- En señales dobles, se colocarán dos crucetas adicionales del mismo tipo, dispuestas simétricamente.
- El soporte del tablero utilizará una ménsula de acero inoxidable de 1½" de ancho y 0.075" de espesor, con aletas laterales de 20 cm mínimo para rigidizar la estructura.
- Los postes de anclaje se diseñarán en forma de T, utilizando ángulo de hierro de 2" x 2" x 1/8", recubiertos con pintura anticorrosiva y acabado en esmalte blanco.

IV. Dimensiones de los Postes.

Según el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, las dimensiones de los postes son las siguientes:

Tabla 44. Dimensiones de los postes.

Parámetro	Descripción técnica	Observaciones / Aplicación
Altura total del poste	Longitud completa del tubo metálico desde su base hasta el extremo superior. Incluye la parte empotrada en el cemento.	Varía entre 2.5 y 3.5 m según el tipo de señal. Los postes más altos se emplean para señales informativas o de gran tamaño.
Altura libre o visible	Porción del poste que queda sobre el nivel del terreno una vez instalado.	Generalmente 2.10–2.50 m para señales reglamentarias y preventivas, garantizando visibilidad al conductor.
Longitud de empotramiento	Parte del poste enterrada o embebida en el dado de concreto para garantizar su estabilidad.	Oscila entre 0.50–0.70 m; depende del tamaño del poste y la exposición al viento.
Diámetro del tubo	Medida del espesor exterior del tubo.	Usualmente 2" a 2½". Postes de mayor diámetro se emplean en señales grandes.
Espesor del tubo	Grosor de la pared metálica del tubo. Determina su resistencia mecánica.	Entre 2.0 y 3.0 mm (1/8"), preferiblemente en acero galvanizado para evitar corrosión.
Tipo de cimentación	Dimensiones del bloque de concreto que sirve como base de anclaje del poste.	Comúnmente de 30×30×60 cm o 40×40×70 cm, elaborado con concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
Aplicación o uso	Clasificación del tipo de señal que se instala según las dimensiones del poste.	Tipo A: reglamentarias/preventivas pequeñas. Tipo B: informativas

		medianas. Tipo C: señales de orientación o múltiples tableros.
--	--	--

Fuentes: Elaboración propia (2025).

V. Procedimiento de Instalación

Las señales deberán anclarse sobre una base de concreto simple, con resistencia mínima a la compresión de 140 kg/cm² a los 28 días.

Procedimiento básico:

- 1- Excavación: se ejecutará un hueco cilíndrico de 25 cm de diámetro mínimo y 60 - 70 cm de profundidad. En zonas de terraplén, la profundidad podrá reducirse a 30 cm, complementándose con un pedestal de concreto superficial que garantice la altura reglamentaria.
- 2- Colocación: el poste se fijará en posición vertical, cuidando su alineación y nivelación.
- 3- Fijación del tablero: se utilizarán tornillos galvanizados de 5/16"×1", con arandelas y tuercas; posteriormente se deformará la rosca mediante golpes para evitar su retiro.
- 4- Remaches de seguridad: se instalarán cuatro remaches a 10 cm de distancia hacia el interior de los tornillos principales.
- 5- Condiciones de ejecución: queda prohibida la instalación durante lluvias o cuando la excavación contenga agua o humedad excesiva. Todo el material deberá colocarse en condiciones secas y firmes.

Especificaciones Técnicas para la Instalación de Señalización horizontal.

I. Criterios de diseño.

Línea de eje central (doble sentido): obligatoria con TPDA > 500 veh/d.

Color: blanco = un solo sentido; amarillo = doble sentido. No pintar 45 m antes de puentes angostos/una vía.

Eje continuo: prohíbe adelantamiento en zonas pobladas, escolares, puentes, empalmes y curvas (visibilidad de diseño \approx 250 m a 90 km/h). Ancho 12 cm (mín. 10 cm).

Eje discontinuo: permite adelantamiento/cambio de carril. Tramo pintado 4.50 m, espacio 7.50 m, ancho 10–15 cm.

Doble continua: doble sentido y prohibición total de adelantamiento.

Discontinua adosada a continua: habilita rebase al recuperar visibilidad; misma especificación de la intermitente, separada 10 cm de la continua.

Líneas de borde: guían borde/carril; blancas y continuas, 5–10 cm (se interrumpen en accesos públicos). Desalientan el paso de pesados por hombros.

Canalización y símbolos: líneas blancas 20–30 cm; franjas en islas 30 cm con 60 cm de espaciamiento; flechas blancas sobre carril.

Líneas de parada: transversales 30–60 cm; ubicar 1.20 m antes y paralelas al paso peatonal (o en el punto de detención si no existe).

Pasos peatonales: rectángulos 0.60 x 3.50 m, color blanco.

Reductores de velocidad: uso restringido en vías rápidas.

Acera continua: prolonga acera; ancho deseable 2.75 m (mín. 1.80 m). Recomendable si flujos > 500 pe/h bidireccional o 300 pe/h unidireccional.

Marcadores viales (“ojos de gato”): función: guía nocturna, líneas divisorias, virajes y bordes.

Espaciamiento: 12 m en ejes; 15 m en líneas paralelas (reducir en zonas críticas).

II. Colores de demarcación

Amarillo: separación de sentidos opuestos, barreras, prohibición de estacionar.

Blanco: mismo sentido, bordes, pasos peatonales, flechas, palabras.

Rojo: prohibición de estacionar 24/7.

Azul: estacionamiento para PMR.

Verde: estacionamiento permitido con límite de tiempo (motos/bicis).

III. Construcción e instalación

Materiales de demarcación: pinturas acrílicas en frío, termoplástico, prefabricados de larga duración, plásticos bicomponentes (epoxi). El termoplástico dura hasta $\approx 8\times$ más que pintura convencional en alto tránsito.

Preparación de superficie: barrido/sopleteo; en hormigón nuevo, arenado/hidro arenado y retiro de residuos; sustrato seco. Fresado/granallado para borrado (con seguridad ocupacional).

Pintura en frío (con microesferas): combinación pre-mix + drop-on para retrorreflexión; liberación al tránsito cuando no transfiere al rodaje; puede aplicarse 40–90 °C para curado rápido.

Termoplástico: mezcla sólida que funde y re-solidifica; excelente anclaje en asfalto y, en concreto, vía imprimación.

Microesferas de vidrio: garantizan retrorreflexión y durabilidad. Mejor desempeño con $\approx 60\%$ de “hundimiento”.

Temperatura máx. fusión: 220 °C (blanco), 200 °C (amarillo). Mantener agitación para evitar asentamiento de esferas; usar selladores cuando el soporte es marginal.

Equipos: demarcadores autopropulsados (líneas múltiples) transportables.

Control de calidad.

Verificar ancho y espesor, bordes nítidos, adhesión y consistencia visual. Retro reflectancia mediante equipo o patrón visual.

Mantenimiento.

Mantener legibilidad/visibilidad; la frecuencia depende de superficie, material, clima y volumen. En segmentadas, repintar alineado a la traza original.