

Área de Conocimiento de Arquitectura y Construcción

# **"ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL DE 2.5 KM DEL TRAMO DE CARRETERA KM 13 CARRETERA VIEJA A LEÓN, COMARCA CHIQUILISTAGUA – KM 15.5 CARRETERA VIEJA A LEÓN, MANAGUA, 2025"**

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Yasell Margarita  
Bravo Leiva  
Carnet: 2019-0704U

Br. Sheyla Vanessa  
Ríos Acostas  
Carnet: 2019-0742U

Tutor:

Ing. Keving Roberto  
Sánchez Rocha

14 de Enero del 2026  
Managua, Nicaragua

## DEDICATORIA

A mi madre por ser el pilar más importante quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez, por enseñarme a crecer con su amor y sabiduría va guiando cada uno de mis pasos, impulsándome a lograr mis metas cada vez mayores que con paciencia infinita me hace ver mis errores y con inmensa alegría disfruta mis logros.

A mi hermana mayor, por ser una parte esencial en mi vida, por su ejemplo, su apoyo incondicional y su constante guía en los momentos más importantes. Gracias por su paciencia, por sus palabras de aliento y por inspirarme cada día a ser mejor persona y profesional. Esta meta también es suya, porque gran parte de lo que soy se lo debo a su amor y enseñanza.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mis amigas por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el cariño brindado cada día.

A mis docentes por ayudarme en mi formación académica en especial al Ing. Keving Sánchez quien con su gran experiencia y trayectoria ha logrado en mí culminar esta etapa final con éxito.

Bra. Yasell Bravo Leiva

A Diosito, por ser mi guía constante, por darme las fuerzas necesarias para continuar y por no soltarme nunca, incluso en los momentos más difíciles de esta carrera. Gracias por iluminar mi camino y recordarme que los sueños sí se cumplen cuando se confía y se persevera.

A mi familia, por ser mi mayor motor y mi refugio.

A mi padre, que nunca me dio un “no” por respuesta, que siempre buscó la manera de apoyarme aun cuando los recursos no alcanzaban, y que con su esfuerzo me enseñó a creer en mis ilusiones.

A mi madre, por estar siempre a mi lado, por su amor incondicional y por hacer todo lo posible para que nada me faltara, incluso cuando la vida nos ponía a prueba.

A mis hermanitas, Josseling Dalieska y Hanny, mis tres lucecitas, porque con solo verlas me llenan de alegría y me inspiran cada día a ser mejor persona y ejemplo para ellas.

Y a mi querida amiga Yasell, por su paciencia infinita, por demostrarme un cariño sincero y ser esa luz en mis días más oscuros de la universidad. Gracias por abrirme las puertas de tu casa cuando más lo necesitaba, y a tu familia, por acogerme con tanto cariño.

A todos ustedes, dedico este logro, porque sin su apoyo, amor y fe en mí, este sueño no habría sido posible.

Bra. Sheyla Rios Acostas

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la paciencia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida. Por acompañarme en cada decisión y mostrarme el camino incluso en los momentos de mayor dificultad.

A la Virgen María, por ser mi refugio y guía espiritual, por su intercesión constante y por brindarme serenidad en los momentos de incertidumbre.

A mi madre, por ser la persona más importante en mi vida, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme con su ejemplo que todo esfuerzo tiene recompensa. Gracias por su paciencia, por su entrega y por impulsarme siempre a dar lo mejor de mí.

A mi hermana mayor, por su apoyo incondicional, por estar siempre presente con su guía y sus palabras de aliento. Gracias por motivarme a crecer, por creer en mí y por ser un ejemplo de fortaleza y perseverancia.

A mis abuelos, por su amor, sus consejos y sus oraciones. Por enseñarme el valor del esfuerzo, la humildad y la gratitud. Su ejemplo ha sido una luz que me acompaña y me recuerda de dónde vengo y hacia dónde quiero llegar.

A mi tutor, Ing. Keving Sánchez, por su tiempo, compromiso y orientación durante el desarrollo de esta monografía. Su guía académica y profesional fue fundamental para culminar este trabajo con éxito.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento, porque sin su amor, apoyo y fe, este logro no habría sido posible.

Bra. Yasell Bravo Leiva

Este trabajo representa el resultado de años de esfuerzo, aprendizaje y constancia, y no habría sido posible sin el apoyo de muchas personas que, de una u otra manera, formaron parte de este proceso.

A Diosito, por permitirme llegar hasta este momento, por darme salud, fortaleza y sabiduría para culminar esta etapa tan importante en mi vida profesional.

A mi familia, por creer en mí desde el primer día. Por su apoyo incondicional, por impulsarme a continuar y por ser la razón que me motiva a seguir creciendo.

Mi sincero agradecimiento a todos los docentes de la Universidad Nacional de Ingeniería, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias con dedicación y compromiso, contribuyendo a mi crecimiento personal y académico.

En especial, al Ingeniero Keving Sánchez, mi tutor, por su orientación, apoyo constante y disposición para guiarme durante el desarrollo de esta investigación. Su acompañamiento fue fundamental para el cumplimiento de los objetivos planteados.

Y de manera especial, a mi amiga Yasell, por su apoyo y su amistad sincera, que me acompañaron en los momentos más desafiantes de esta etapa.

A mis compañeros de la carrera, con quienes compartí jornadas de estudio, desvelos, risas y momentos de aprendizaje que hicieron de esta experiencia universitaria una etapa inolvidable. Gracias por su amistad, su colaboración y por hacer que este camino fuera más agradable y enriquecedor.

Finalmente, a todas aquellas personas que en algún momento me brindaron su apoyo, palabras de aliento o gestos de cariño, gracias por haber formado parte de este logro. Cada uno dejó una huella significativa en este proceso que hoy culmina con orgullo y gratitud.

Bra. Sheyla Rios Acostas

## **RESUMEN**

### **Capítulo I Generalidades**

En este capítulo se presenta el enfoque general del estudio, donde se explica la importancia de evaluar la seguridad vial en el tramo comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5 de la Carretera Vieja a León, en la Comarca Chiquilistagua, Managua. Como parte de la introducción, se describe el propósito del trabajo, que consiste en analizar las condiciones actuales de la vía y su relación con la movilidad y la seguridad de los usuarios.

### **Capítulo II Marco Teórico**

Se presenta la base teórica que sustenta el estudio de seguridad vial. Se aborda primero el tema de accidentalidad, considerado uno de los principales problemas del tránsito, ya que provoca pérdidas humanas y materiales. También se desarrolla el concepto de inventario vial, el cual permite conocer las condiciones actuales de una carretera y sus elementos más importantes. Se desarrolla el estudio de velocidades, que analiza la forma en que se mide la velocidad de los vehículos y cómo esta influye en el nivel de servicio de la vía.

### **Capítulo III Análisis y presentación de los resultados**

Se desarrollan los análisis y resultados obtenidos a partir del estudio realizado en el tramo comprendido entre el kilómetro 13 y el kilómetro 15.5 de la Carretera Vieja a León. En conjunto, este capítulo integra toda la información técnica y de campo necesaria para diagnosticar la situación actual de la vía y servir de base para la formulación de propuestas de mejora orientadas a la seguridad vial.

En este capítulo también se presentan las propuestas técnicas orientadas a mejorar la seguridad vial en el tramo. A partir de los resultados obtenidos, se identificaron diversas deficiencias; asimismo, el análisis del tránsito y de la accidentalidad permitió reconocer los puntos más críticos y definir las medidas prioritarias para reducir los riesgos. Las acciones planteadas incluyen la reparación del pavimento, la reposición y mejora de la señalización vertical y

horizontal, el mantenimiento del drenaje menor, la rehabilitación de defensas metálicas, la instalación de postes guías y la construcción de bahías para autobuses.

Finalmente, se resumen los principales resultados del estudio, destacando la importancia de aplicar mejoras que garanticen una circulación más segura y ordenada. Se concluye que es necesario fortalecer la infraestructura vial, mantener en buen estado los elementos de señalización y promover una mayor conciencia por parte de los conductores. Las recomendaciones planteadas buscan prevenir accidentes y contribuir al buen funcionamiento y conservación de la vía.

# ÍNDICE

|                                                                  |          |
|------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>CAPITULO I GENERALIDADES .....</b>                            | <b>1</b> |
| 1.1 INTRODUCCIÓN .....                                           | 1        |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN .....                                         | 2        |
| 1.3. OBJETIVOS .....                                             | 3        |
| 1.3.1. Objetivo General .....                                    | 3        |
| 1.3.2. Objetivos Específicos: .....                              | 3        |
| 1.4. Localización del sitio .....                                | 4        |
| <b>CAPITULO II MARCO TEÓRICO .....</b>                           | <b>6</b> |
| 2.1. Estudio de accidentalidad .....                             | 7        |
| 2.1.1. Causas de los accidentes .....                            | 7        |
| 2.1.2. Análisis de los accidentes .....                          | 9        |
| 2.1.3. Índices de accidentalidad .....                           | 10       |
| 2.2. Inventario vial .....                                       | 11       |
| 2.2.1. Generalidades .....                                       | 11       |
| 2.2.2. Clasificación funcional .....                             | 12       |
| 2.2.3. Definición de ordenamiento vial .....                     | 12       |
| 2.2.4. Clasificación funcional del sistema vial en Managua ..... | 13       |
| 2.2.5. Señalización .....                                        | 14       |
| 2.2.6. Geometría de la vía .....                                 | 18       |
| 2.2.7. Carpeta de rodamiento .....                               | 19       |
| 2.3. Estudio de tránsito .....                                   | 21       |
| 2.3.1. Aforo vehicular manual .....                              | 21       |
| 2.3.2. Tipología vehicular .....                                 | 21       |
| 2.3.3. Características de los vehículos de proyecto .....        | 21       |

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.4. Volumen de tránsito .....                                     | 22        |
| 2.3.5. Volúmenes de tránsito promedio diario .....                   | 22        |
| 2.3.6. Tránsito promedio diario anual (TPDA) .....                   | 23        |
| 2.3.7. Estudio de Velocidades.....                                   | 24        |
| 2.3.8. Clasificación funcional de las carreteras.....                | 27        |
| 2.4. Plan estratégico de seguridad vial .....                        | 28        |
| 2.4.1. Mejoras en la Señalización Vertical y Horizontal .....        | 28        |
| 2.4.2. Implementación de Dispositivos de Control del Tránsito .....  | 28        |
| 2.4.3. Educación y Concientización Vial .....                        | 29        |
| 2.4.4. Mejoras en la Infraestructura Vial .....                      | 29        |
| 2.4.5. Mejoramiento de la Seguridad en el Entorno Vial.....          | 29        |
| 2.4.6. Evaluación y Monitoreo Continuo .....                         | 30        |
| 2.4.7. Fomento de la Movilidad Sostenible .....                      | 30        |
| <b>CAPITULO III ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>      | <b>31</b> |
| 3.1. Análisis de accidentalidad .....                                | 32        |
| 3.1.1. Accidentes por año .....                                      | 32        |
| 3.1.2. Clasificación por causas .....                                | 34        |
| 3.1.3. Clasificación por tipo de accidentes.....                     | 37        |
| 3.1.4. Distribución de accidentes .....                              | 38        |
| 3.1.5. Accidentes por día de semana .....                            | 41        |
| 3.1.6. Identificación de tramos de concentración de accidentes ..... | 44        |
| 3.1.7. Tramo crítico .....                                           | 45        |
| 3.1.8. Índices de accidentalidad con respecto a la longitud.....     | 48        |
| 3.1.9. Índice con respecto a la población (P) .....                  | 51        |
| 3.1.10. Índice con respecto al parque vehicular .....                | 58        |

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2. Inventario Vial.....                                                                            | 64  |
| 3.2.1. Clasificación funcional.....                                                                  | 65  |
| 3.2.2. Datos generales de la vía .....                                                               | 65  |
| 3.2.3. Características del terreno.....                                                              | 66  |
| 3.2.4. Estado físico de la carpeta de rodamiento.....                                                | 68  |
| 3.2.5. Calzada y hombro .....                                                                        | 69  |
| 3.2.6. Derecho de vía.....                                                                           | 71  |
| 3.2.7. Drenaje menor .....                                                                           | 72  |
| 3.2.8. Señalización.....                                                                             | 77  |
| 3.2.9. Defensa metálica .....                                                                        | 95  |
| 3.2.10. Postes Kilométricos.....                                                                     | 107 |
| 3.2.11. Postes guías .....                                                                           | 108 |
| 3.2.12. Paradas de autobuses .....                                                                   | 110 |
| 3.3. Estudio de tránsito.....                                                                        | 114 |
| 3.3.1. Puntos de aforo.....                                                                          | 114 |
| 3.3.2. Levantamiento de datos.....                                                                   | 116 |
| 3.3.3. Volúmenes y clasificación.....                                                                | 116 |
| 3.3.4. Horas de máxima demanda en las estaciones de aforo.....                                       | 120 |
| 3.4. Estudio de velocidad .....                                                                      | 125 |
| 3.4.1. Puntos para la recolección de información a lo largo del tramo .....                          | 125 |
| 3.4.2. Método empleado para la realización del estudio de velocidad (distancia entre 2 puntos) ..... | 125 |
| 3.4.3. Resumen de tablas de estudio de velocidad .....                                               | 126 |
| 3.5. Propuesta Técnica .....                                                                         | 129 |
| 3.5.1. Carpeta de Rodamiento .....                                                                   | 130 |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 3.5.2. Señalización Vertical.....   | 131        |
| 3.5.3. Señalización Horizontal..... | 132        |
| 3.5.4. Drenaje menor.....           | 134        |
| 3.5.5. Defensas metálicas.....      | 134        |
| 3.5.6. Postes Guías.....            | 135        |
| 3.5.7. Postes Kilométricos.....     | 137        |
| 3.5.8. Parada de buses .....        | 137        |
| 3.5.9. Control de velocidad .....   | 138        |
| 3.6. CONCLUSIONES.....              | 141        |
| 3.7. RECOMENDACIONES .....          | 143        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>            | <b>145</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                 | <b>I</b>   |

## Índice de tablas

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1 Número de accidentes por año (2019 - 2023) .....                                                     | 32  |
| Tabla 2 Causas de los Accidentes de Tránsito - Tramo Km 13 a Km 15.5 Carretera Vieja a León.....             | 34  |
| Tabla 3 Causas mediatas de los Accidentes de Tránsito - Tramo Km 13 a Km 15.5 Carretera Vieja a León.....    | 36  |
| Tabla 4 Tipos de Accidentes de Tránsito - Tramo Km 13 a Km 15.5 Carretera Vieja a León.....                  | 38  |
| Tabla 5 Accidentes por día de semana (2019–2023).....                                                        | 41  |
| Tabla 6 Accidentes por hora del día (2019–2023).....                                                         | 42  |
| Tabla 7 Accidentes por tramo y año.....                                                                      | 45  |
| Tabla 8 Cálculo de índice de accidentes por kilometraje.....                                                 | 50  |
| Tabla 9 Cálculo de índice de morbilidad y mortalidad con respecto a la población. ....                       | 57  |
| Tabla 10 Cálculo de índice de accidentalidad, morbilidad y mortalidad con respecto al índice vehicular ..... | 63  |
| Tabla 11 Datos generales de la vía.....                                                                      | 65  |
| Tabla 12 Observaciones del estado físico de la carpeta de rodamiento.....                                    | 68  |
| Tabla 13 Medidas en la calzada .....                                                                         | 70  |
| Tabla 14 Derecho de vía del tramo .....                                                                      | 71  |
| Tabla 15 Características físicas del drenaje menor .....                                                     | 73  |
| Tabla 16 Inventario drenaje menor.....                                                                       | 73  |
| Tabla 17 Condición de las señales verticales. ....                                                           | 78  |
| Tabla 18 Inventario de señales verticales .....                                                              | 79  |
| Tabla 19 Condición de las señales horizontales.....                                                          | 91  |
| Tabla 20 Inventario de señalización horizontal .....                                                         | 91  |
| Tabla 21 Condiciones de las defensas metálicas.....                                                          | 96  |
| Tabla 22 Inventario defensas metálicas.....                                                                  | 96  |
| Tabla 23 Inventario postes kilométricos. ....                                                                | 107 |
| Tabla 24 Inventario postes guías. ....                                                                       | 109 |

|                                                                                                       |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 25 Inventario parada de buses.....                                                              | 110  |
| Tabla 26 Tránsito promedio diurno en la estación 13+000 .....                                         | 117  |
| Tabla 27 Tránsito promedio diurno en la estación 15+500 .....                                         | 119  |
| Tabla 28 Volumen de máxima demanda para cada estación.....                                            | 121  |
| Tabla 29 Tasas de flujos máximos Estación 13+000, día miércoles.....                                  | 122  |
| Tabla 30 Tasas de flujos máximos, Estación 15+500 día martes. ....                                    | 123  |
| Tabla 31 Resumen del día crítico.....                                                                 | 124  |
| Tabla 32 Estudio de velocidad en el tramo.....                                                        | 126  |
| Tabla 33 Vehículos que superan o no el límite de velocidad, EST 13+100 sentido<br>Managua – León..... | 127  |
| Tabla 34 Vehículos que superan o no el límite de velocidad, EST 14+800 sentido<br>León - Managua..... | 128  |
| Tabla 35 Puntos que requieren reparación en la carpeta de rodamiento .....                            | 131  |
| Tabla 36 Señales verticales propuestas y existentes. ....                                             | 132  |
| Tabla 37 Señales horizontales existentes.....                                                         | 133  |
| Tabla 38 Cunetas existentes.....                                                                      | 134  |
| Tabla 39 Defensas metálicas existentes.....                                                           | 135  |
| Tabla 40 Postes guías existente y propuestos.....                                                     | 136  |
| Tabla 41 Postes kilométricos existentes .....                                                         | 137  |
| Tabla 42 Ubicación de nuevas bahías y casetas.....                                                    | 138  |
| Tabla 43 Aforo día martes 13+000.....                                                                 | I    |
| Tabla 44 Aforo día martes 15+500.....                                                                 | IV   |
| Tabla 45 Aforo día miércoles 15+500 .....                                                             | X    |
| Tabla 46 Aforo día jueves 13+000.....                                                                 | XIII |
| Tabla 47 Aforo día jueves 15+500.....                                                                 | XVI  |
| Tabla 48 Muestra de levantamiento para estudio de velocidad, EST 13+100.....                          | I    |
| Tabla 49 Muestra de levantamiento para estudio de velocidad, EST 14+800.....                          | IV   |

# **CAPITULO I GENERALIDADES**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

Un estudio de seguridad vial es fundamental para evaluar las condiciones de una carretera y comprender su influencia en el desarrollo social y económico de la zona en análisis. Este tipo de evaluación facilita la identificación de áreas que requieren atención prioritaria y la definición de medidas orientadas a optimizar tanto la funcionalidad como la seguridad de la infraestructura vial.

Para lograr un análisis efectivo, resulta indispensable disponer de un registro completo y actualizado de los componentes físicos que conforman la vía. Este inventario se convierte en una herramienta esencial para detectar necesidades de mantenimiento, rehabilitación y mejora, contribuyendo a un uso más seguro y sostenible del sistema vial.

El estudio contempla la elaboración de un inventario metodológico que abarque los elementos más relevantes de la infraestructura, como las características geométricas del camino, la señalización vertical y horizontal, así como las condiciones de la superficie de rodadura, con el objetivo de determinar el estado general de la vía y su capacidad operativa.

De igual manera, se llevará a cabo un análisis de los flujos vehiculares y del nivel de servicio ofrecido por el tramo, considerando aspectos como la capacidad de la vía y los patrones de tránsito. También se examinarán en detalle las estadísticas de accidentes de tránsito proporcionadas por las autoridades competentes, a fin de identificar las causas principales, su frecuencia y los puntos con mayor incidencia de siniestros.

Este estudio se centrará en el tramo correspondiente a la comarca Chiquilistagua, ubicada en el kilómetro 13 de la carretera vieja a León, dentro del municipio de Managua.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

La seguridad vial es un componente esencial para garantizar la integridad de las personas que utilizan las carreteras, tanto conductores como peatones. El tramo en estudio presenta características que lo convierten en un punto crítico para la movilidad segura, debido a la alta densidad de tránsito vehicular, la interacción con usuarios vulnerables y las condiciones actuales de la infraestructura vial.

Este estudio surge de la necesidad de atender problemáticas recurrentes en el tramo, como accidentes de tránsito que generan pérdidas humanas, materiales y económicas, así como también limitaciones en la conectividad segura para las comunidades aledañas. La falta de medidas adecuadas para controlar los riesgos y optimizar las condiciones de la vía ha ocasionado que este tramo sea considerado de alta prioridad para la implementación de mejoras.

El análisis de los datos sobre accidentes permitirá identificar los tipos de incidentes más comunes, sus causas, los horarios de mayor ocurrencia y los puntos críticos, estableciendo patrones de riesgo que orienten la formulación de soluciones específicas. Por otro lado, un diagnóstico del estado físico actual mediante un inventario vial permitirá evaluar la calidad de la infraestructura, la señalización y otros elementos clave, generando una base técnica para la toma de decisiones.

Además, el desarrollo de un estudio de tránsito, con un aforo manual, proporcionará información confiable sobre los volúmenes y velocidades de circulación en el tramo, datos esenciales para diseñar estrategias efectivas de control y regulación del tránsito.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General:**

- Realizar un estudio de seguridad vial de 2.5 km del tramo de carretera Km 13 Carretera Vieja a León, Comarca Chiquilistagua – Km 15.5 carretera vieja a León, Managua, 2025.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- Analizar los datos de accidentes proporcionados por la Dirección de Seguridad Tránsito Nacional, de la Policía Nacional en el tramo de carretera, examinando los tipos de incidentes, las causas más frecuentes, los puntos críticos y las horas de ocurrencia, identificando así patrones de riesgo.
- Realizar el diagnóstico de las características de la vía, mediante un inventario vial, considerando aspectos como la infraestructura, la señalización y otros elementos relevantes.
- Ejecutar el estudio de tránsito mediante un aforo manual aplicando el manual del MTI que permita el cálculo de los volúmenes y velocidades de circulación sobre el tramo.
- Presentar soluciones viables para minimizar los accidentes y optimizar la seguridad vial en el tramo evaluado, tomando como base el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito SIECA 2014.

#### 1.4. Localización del sitio

El estudio de seguridad vial de 2.5 kilómetros del tramo que va desde el kilómetro 13 al kilómetro 15.5 de la Carretera Vieja a León Comarca Chiquilistagua ubicado en el departamento Managua.

El municipio de Managua, capital de Nicaragua, tiene una extensión de 267.2 km<sup>2</sup> y una población estimada de 1,063,815 habitantes, según datos del Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE] (2023), lo que equivale a una densidad aproximada de 3,981 personas por kilómetro cuadrado. La distribución poblacional por género indica que el 47.8 % son hombres y el 52.2 % mujeres, reflejando una ligera mayoría femenina. Estos datos evidencian la alta concentración urbana y la importancia de Managua como principal centro político, económico y social del país. (Ver figura 1 y 2).

**Figura 1: Mapa de macro localización- Departamento de Managua**



**Fuente:** [https://www.ineter.gob.ni/mapa/pub/nicaragua/relieve\\_525k.html](https://www.ineter.gob.ni/mapa/pub/nicaragua/relieve_525k.html)

**Figura 2: Mapa de micro localización del tramo en estudio (Km 13 carretera vieja a León, Comarca Chiquilistagua, al Km 15.5 Carretera Vieja a León).**



**Fuente:** Google Earth Pro

El estudio de seguridad vial del tramo tiene como objetivo analizar el comportamiento de los usuarios de la vía y evaluar de manera integral las condiciones actuales de la carretera. Asimismo, pretende determinar con precisión la ubicación del segmento en estudio, identificar zonas de riesgo o puntos críticos, y proponer recomendaciones orientadas a optimizar la seguridad vial, con el propósito de disminuir la incidencia de accidentes y garantizar un tránsito más seguro y eficiente.

## **CAPITULO II MARCO TEÓRICO**

## **2.1. Estudio de accidentalidad**

“Las dos consecuencias principales del problema del tránsito lo constituyen la accidentalidad y el congestionamiento. De ellos, el primero es de orden vital y por eso de gran importancia, ya que significa grandes bajas entre la población, por el resultado en muertos y heridos, además de la pérdida económica” (Cal y Mayor, 2018, p. 574).

Uno de los estudios más importantes de la Ingeniería de Tránsito, es el de accidentes. Las soluciones diversas aplicadas a través del correcto análisis del problema, puede rendir resultados muy valiosos, salvando muchas vidas y evitando un gran número de lesionados, que quizás quedarían lisiados para siempre, así como el ahorro de grandes pérdidas económicas. (Cal y Mayor, 2018, p. 575).

### **2.1.1. Causas de los accidentes**

Del estudio de los informes de accidentes de tránsito, se puede empezar a precisar los actos del conductor que contribuyen principalmente al hecho, por lo general considerado fortuito, llamado accidente. Usualmente se piensa en una causa y la verdad es que muchas veces el accidente incluye una “cadena” de causas, o bien, una causa y una serie de circunstancias contribuyentes. Sin embargo, es usual referirse en general a la “causa aparente” del accidente. También, previo análisis, se llegará en algunos casos a la “causa real”. En muchas situaciones, ambas causas coincidirán. (Cal y Mayor, 2018, p. 580).

Como consecuencia del desarrollo de la velocidad en los vehículos modernos y del no disponer, en muchos casos, de una infraestructura vial acorde con estos avances, la causa más frecuente de los accidentes de tránsito en el mundo entero es el EXCESO DE VELOCIDAD. Debe entenderse qué es “velocidad excesiva” para las condiciones imperantes, la cual en muchos casos puede no ser muy alta. En orden de importancia sigue la causa catalogada como “invasión de la circulación contraria”. Como su nombre lo indica, es el acto de invadir la sección de la calle o carretera donde los vehículos viajan

en sentido opuesto. Casi invariablemente sigue la causa clasificada genéricamente como “no ceder el paso”. (Cal y Mayor, 2018, p. 581).

#### **2.1.1.1. Causas inmediatas**

- **No guardar distancia.** Constituye la causa más frecuente del quinquenio. Este comportamiento se asocia a una separación inadecuada respecto al vehículo que circula adelante, lo cual limita el tiempo de reacción ante frenados o maniobras imprevistas, especialmente a velocidades elevadas.
- **Interceptar el paso.** Se refiere a la acción de incorporarse o cruzar una vía sin respetar la prioridad de otros vehículos. Este tipo de conflicto genera choques angulares en intersecciones y accesos secundarios, producto de una deficiente valoración del flujo vehicular.
- **Invasión de carril.** Comprende desplazamientos laterales indebidos o rebases en zonas sin visibilidad, provocando colisiones laterales y, en algunos casos, frontales.
- **Falta de precaución al retroceder.** Ocurre principalmente en maniobras de estacionamiento o salida de predios, donde el conductor no verifica el entorno posterior, generando impactos contra vehículos o peatones.
- **Desatender señales.** En varios casos los conductores omiten cumplir señales reglamentarias de alto, ceda el paso o restricciones de velocidad, lo que reduce la seguridad operacional de la vía.
- **Giros indebidos.** Involucra maniobras ejecutadas fuera de los lugares permitidos o sin espacio lateral suficiente, interfiriendo con la trayectoria de otros usuarios.
- **Imprudencia peatonal.** Algunos eventos estuvieron relacionados con peatones que cruzaron en zonas no habilitadas o sin precaución, exponiéndose directamente al flujo vehicular.
- **Conducir con la vía obstruida.** En este grupo se incluyen los incidentes provocados por obstáculos momentáneos en la calzada (materiales, vehículos estacionados o escombros) que obligan a cambios bruscos de trayectoria.

- **Conducir contra la vía.** Circulación en sentido contrario.
- **Falta de pericia.** Se asocia a errores de conducción derivados de la inexperiencia o escaso dominio del vehículo, provocando salidas de la vía, giros cerrados o pérdidas de control.
- **Salida de la vía.** Ocurre cuando el conductor pierde la trayectoria establecida, saliendo del carril de circulación por distracción, velocidad inadecuada o reacción tardía.
- **Presencia de semovientes en la vía.** Aunque es una causa menos frecuente, representa un factor de riesgo en zonas rurales; la irrupción de animales en la calzada obliga a maniobras bruscas de esquiva.

### 2.1.2. Análisis de los accidentes

La variación de la frecuencia de accidentes, a través del año, permite conocer las épocas cuando se deben enfatizar labores educativas y de vigilancia. Hay épocas perfectamente definidas en las cuales suben las estadísticas de accidentes, como ocurre en las vacaciones de semana santa, en las vacaciones de fin de año y en otras festividades cuando la gente congestiona las carreteras.

El análisis de estos accidentes, conociendo los tipos y causas que los provocan, permitirá a las autoridades efectuar una “labor preventiva”. No se debe esperar a que ocurran los accidentes para levantar una bonita estadística, sino antes llevar a cabo una adecuada labor educativa, respaldada por la labor policíaca.

En las carreteras nacionales el correcto análisis de la estadística de accidentes es de incalculable valor. La frecuencia de accidentes en determinadas zonas o en ciertas carreteras indicará la necesidad de estudios técnicos, de mayor vigilancia policíaca y de campañas educativas. Si la distribución de agentes de tránsito, siempre escasos, se hiciese de acuerdo con la proporción de accidentes o sus saldos, seguramente se lograría un mejor aprovechamiento del personal. (Cal y Mayor, 2018, p. 587).

### 2.1.3. Índices de accidentalidad

Los índices de accidentalidad son herramientas estadísticas utilizadas en la seguridad y salud en el trabajo (SST) para evaluar la frecuencia, severidad y consecuencias de los accidentes y enfermedades laborales. Estos indicadores permiten a las organizaciones medir el impacto de los riesgos en sus operaciones y tomar decisiones informadas para mejorar las condiciones laborales (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2021).

$$I_{A/P} = \frac{\# \text{ de muertos en el año } \times 100,00}{\# \text{ de habitantes}}$$

(Cal y Mayor Cárdenas, 2018)

**(Ecuación 1)**

Índica el número de accidentes en el año por cada 100,000 habitantes. Es útil para comparar ciudades, entidades políticas o sistemas de carreteras y calles, semejantes en la base económica.

#### 2.1.3.1. Índice de Mortalidad

Mide la cantidad de fallecimientos ocurridos a causa de accidentes de trabajo en un periodo determinado. Su objetivo es cuantificar el nivel de gravedad de los accidentes en un entorno laboral, permitiendo a las empresas y organismos reguladores tomar medidas para reducir la mortalidad (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2020).

$$I_{mort/P} = \frac{\# \text{ de muertos en el año } \times 100,00}{\# \text{ de habitantes}}$$

(Cal y Mayor Cárdenas, 2018)

**(Ecuación 2)**

#### 2.1.3.2. Índice de Morbilidad

Mide la incidencia de enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo con baja médica dentro de una organización. Es un indicador esencial para evaluar el impacto de los riesgos laborales en la salud de los trabajadores (OIT, 2021).

$$I_{morb/P} = \frac{\# \text{ de heridos en el año } \times 100,00}{\# \text{ de habitantes}}$$

(Cal y Mayor Cárdenas, 2018)

**(Ecuación 3)**

### 2.1.3.3. Índice de Accidentabilidad por Kilometraje

Es un indicador utilizado especialmente en el sector del transporte y logística para medir la cantidad de accidentes ocurridos en función de la distancia recorrida. Es fundamental para evaluar el desempeño en seguridad vial y la efectividad de las estrategias de prevención (Asociación Española de Prevención de Riesgos Laborales, 2021).

$$I_{A/VEI} = \frac{\# \text{ de accidentes en el año } \times 100,00}{V}$$

*V = representa el número de vehículos que entran a la intersección en un año.*

*V = TPD (365)*

(Cal y Mayor Cárdenas, 2018)

**(Ecuación 4)**

Este índice se utiliza frecuentemente para medir las tasas de accidentes en intersecciones, y así con base en un índice de accidentalidad definido como peligroso, se pueden determinar los puntos críticos de accidentalidad de la ciudad.

## 2.2. Inventario vial

### 2.2.1. Generalidades

El inventario vial se entiende como el proceso de recolección sistemática, en campo, de los elementos propios de la vía y de tránsito. Estos incluyen las señales verticales y horizontales, las secciones transversales, los diferentes tipos de drenaje, así como la superficie o carpeta de rodamiento, entre otros aspectos que forman parte del tramo en estudio ((MTI), 2018).

La importancia de llevar a cabo un inventario vial radica en disponer de información suficiente y confiable sobre el estado actual de la carretera y sus características físico-geométricas. Esto comprende el análisis de la superficie de rodamiento, los drenajes (tanto mayores como menores), y la señalización vial horizontal y vertical en cuanto a su estado y ubicación. Dicho inventario permite conocer en detalle los componentes de la vía, tanto en términos cualitativos como cuantitativos, lo que facilita la evaluación de sus condiciones y la planificación de intervenciones de conservación o mejora (Cal y Mayor & Cárdenas G, 9na. Edición, 2018).

### **2.2.2. Clasificación funcional**

Es el proceso por el cual las carreteras y calles son agrupadas en clases, o sistemas, de acuerdo a las características de servicio al tráfico que se intente proveer. Esta sección introduce los conceptos básicos requeridos para comprender la clasificación funcional de obras y sistemas viales. (AECID/SIECA, 3ra. Edición, 2011)

### **2.2.3. Definición de ordenamiento vial**

Uno de los principales problemas viales, que enfrentan las ciudades, tanto en zonas urbanas como en rurales, es el rápido incremento en el volumen de vehículos y peatones, además el deterioro y falta de capacidad en la infraestructura vial. Un ordenamiento vial es una herramienta valiosa para solucionar los problemas generados en las vías públicas.

- Causas que provocan desorden vial

Dentro de las causas están las características del transporte urbano, la existencia de un número excesivo de vehículos, la condición de las vías y administración institucional inapropiada. Otro factor que afecta el orden vial son los parqueos vehiculares a orillas de calle, que afectan en gran magnitud cuando simplemente son mal estacionados los vehículos provocando atrasos y hasta accidentes poniendo en riesgo la vida de las personas. (Reglamento del Sistema Vial para el Área del Municipio de Managua, 1984)

#### **2.2.4. Clasificación funcional del sistema vial en Managua**

Atendiendo a la función que presta una vía dentro el sistema vial para el área del municipio de Managua, las vías se clasifican en:

- a) Sistema de travesía: Es un sistema de vías compuesto por una calzada dividida por la mediana; de acceso totalmente controlado, de varios carriles, que presta servicios a grandes volúmenes de tráfico de vehículos interurbanos, los cuales viajan a velocidad relativamente alta y realizan viaje de considerable longitud.
- b) Sistema distribuidor primario: Es un sistema de vías de calzadas separadas por los sentidos de circulación del tráfico, con un rango de derechos de vía entre 40 y 100 metros, de acceso controlado a las propiedades adyacentes a la vía, mediante calles marginales y a lo que establecen las normas estipuladas en el reglamento de estacionamiento de vehículo para el área del municipio de Managua. Presta servicio a grandes volúmenes de tráfico de vehículos que viajan a velocidad relativamente alta y realizan viajes de larga distancia a nivel urbano.
- c) Sistema colector primario: Es un sistema de vías con calzadas separadas por los sentidos de circulación del tráfico con un rango de derecho de vía entre 27 y 39 metros, con acceso directo a las propiedades laterales a la vía. Presta servicio especialmente a las rutas de transporte urbano colectivo.
- d) Sistema colector secundario: Es un sistema de vías de calzada única con un rango derecho de vía entre 18 y 26 metros con acceso directo a las propiedades adyacentes a la vía.
- e) Sistema de calles: Es un sistema de vías con un rango de derecho de vía entre 14 y 17 metros, con acceso directo a las propiedades laterales a la vía. Su clasificación y equipamiento estará de acuerdo al reglamento de desarrollo urbano para el área del municipio de Managua.
- f) Sistema de callejones: Es un sistema de vías con un rango de derecho de vía entre 12 y 13 metros, y que tienen como función permitir el acceso a las propiedades adyacentes al callejón, no teniendo continuidad a través del sistema. Se permitirá

el estacionamiento y circulación vehicular mínimo, que facilite las maniobras de estacionamiento y suministro de servicio. De acuerdo a la zonificación, habrá callejones en zonas de comercio y vivienda.

- g) Sistema de vías recreacionales: Es un sistema de vías cuya finalidad primordial es la circulación de tránsito de tipo recreacional y turístico, con bahías especiales para miradores, diseñadas para velocidades moderadas de circulación y con frecuentes intersecciones. (Reglamento del Sistema Vial para el Área del Municipio de Managua, 1984).

### **2.2.5. Señalización**

La señalización vial tiene el propósito de facilitar y garantizar el movimiento ordenado, y seguro de todos los usuarios de la vía a través de toda la red vial, ya sean estos flujos automotores, peatonales o de otra índole.

La misión de la señalización vial se define en 3 puntos:

- Advertir de la existencia de peligros potenciales.
- Informar de la vigencia de ciertas normas y reglamentaciones en un tramo determinado en la vía.
- Orientar al usuario mediante las oportunas indicaciones para que éste sepa en todo momento dónde está, hacia dónde va y qué dirección tomar para cambiar su destino.

La señalización se debe cumplir una serie de preceptos fundamentales, que son: claridad, sencillez, precisión y universalidad. Una correcta señalización mejorará las condiciones y seguridad de la vía, esto es importante porque un porcentaje de los accidentes se debe a la mala señalización en las vías.

En las vías se pueden diferenciar 2 tipos de señalizaciones y dispositivos diversos;

- **Señalización Vertical**

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito, constituidas por placas fijadas en postes, estructuras instaladas sobre las vías o adyacentes a ellas, o aparatos luminosos, destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras o símbolos, sobre la reglamentación de tránsito vigente, o para advertir sobre la existencia de algún peligro en la vía y su entorno, o para guiar e informar sobre rutas, nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés y servicios.

Las señales verticales deben usarse solamente donde se justifiquen según un análisis de necesidades y estudios técnicos de campo. Las señales son esenciales donde rigen regulaciones especiales, tanto en lugares específicos como durante períodos de tiempo específicos, o donde los peligros no sean evidentes para los usuarios. Las señales también suministran información sobre rutas, direcciones, destinos, puntos de interés y otras informaciones que se consideren necesarias.

### **Clasificación de Señales**

Desde el punto de vista funcional, las señales verticales se clasifican en:

- **Señales de Reglamentación**

Son las que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la vía, según las leyes y reglamentos en materia de tránsito de cada país.

- **Señales de Prevención**

Son las que indican al conductor las condiciones prevalecientes en una calle o carretera y su entorno, para advertir al conductor la existencia de un potencial peligro y su naturaleza.

## - **Señales de Información**

Son las que guían o informan al conductor sobre nombres y ubicación de poblaciones, rutas, destinos, direcciones, kilometrajes, distancias, servicios, puntos de interés, y cualquier otra información geográfica, recreacional y cultural pertinente para facilitar las tareas de travesía y orientación de los usuarios. ((SIECA), 2014)

### • **Señales Horizontales**

La señalización horizontal es uno de los factores más importantes que inciden en la seguridad vial, especialmente en condiciones meteorológicas adversas con niebla o lluvia, sin embargo, en las superficies de los pavimentos hidráulicos se genera un fenómeno de trastorno visual en los conductores, debido al poco o nulo contraste por los colores utilizados en las marcas horizontales en el pavimento hidráulico.

Muchas veces, la poca visibilidad y contraste en la superficie del pavimento genera confusión y pérdida de rumbo en los automovilistas, ya que no se logra definir en los pavimentos los carriles de salida, desvíos y retornos.

La demarcación está constituida por las líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordes y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

## - **Funciones**

Las marcas en el pavimento desempeñan funciones definidas e importantes en un adecuado esquema de control de tránsito. En algunos casos, se usan como complemento de las órdenes o advertencias de otros dispositivos, tales como señales verticales y semáforos. En otros, transmiten instrucciones que no pueden ser presentadas mediante el uso de ningún otro dispositivo, siendo un modo muy efectivo de hacerlas claramente comprensibles.

## **- Limitaciones**

La escasa visibilidad en pavimentos húmedos y el rápido desgaste que sufren en superficies expuestas a un tránsito intenso constituyen las principales limitaciones de las marcas en el pavimento. Sin embargo, cuentan a su favor con la importante ventaja de que, en circunstancias favorables, aumentan considerablemente la seguridad de los automovilistas puesto que les indican regulaciones y advertencias sin que por ello aparten su atención de la carretera.

Entre otras limitaciones se encuentra que se perciben a menor distancia que las señales verticales, su visibilidad puede verse significativamente reducida por la presencia de agua. También son sensibles a las condiciones ambientales, climáticas y al estado y características de la superficie de la vía, por lo que requieren mantenimiento más frecuente. ((SIECA), 2014)

## **• Dispositivos Diversos**

Son dispositivos que se colocan dentro de un calle o carretera en sus inmediaciones para protección y prevención de conductores vehículos y peatones.

### **- Postes Guías**

Los postes guías se colocan en las orillas de las carreteras para indicar cambios en los taludes principalmente en relleno, para ser observados por los conductores, en especial cuando las condiciones topográficas de la vía representan un peligro para los usuarios, son utilizados en curvas con el propósito de mejorar el efecto visual de perspectiva para que los conductores se mantengan dentro de las mismas y en sus respectivos carriles.

### **- Defensa metálica**

Son un mecanismo de seguridad que tiene la función de absorber impactos de los vehículos hasta en un ángulo de 20° para evitar que los mismos se salgan del camino o invadan carriles opuestos en eventos inesperados. Actualmente solo se usan de láminas

de acero de alta resistencia que puedan soportar impactos y absorber la fuerza de la colisión para minimizar los daños del impacto a los ocupantes y al vehículo.

La forma de instalación será aquella que permita un adecuado encausamiento de los vehículos fuera de control, y se deberá señalar, para alertar al conductor que se desplace en una zona de peligro, ya sea por alineamientos defectuosos del camino o accidentes topográficos en la vía, éstas deben ubicarse en curvas peligrosas o tangentes con terraplenes altos o en balcones.

Las defensas laterales encontradas en la carretera en estudio se encuentran en su totalidad bien instaladas, sus extremos proveen la seguridad necesaria, están a la altura más reglamentaria, “La altura del eje de simetría longitudinal de la defensa metálica deberá estar localizada a 50 cm. (+/- 2 cm) por encima del nivel del hombro del acotamiento”.

#### **- Chevrone**

Es un tipo de señalización vertical, sobre la calzada consta de grupos de chevrones colocados y separados según el radio de la curva, indican cambio de alineamiento vertical y horizontal, ayudan a los conductores a saber cómo deben circular en estas curvas para que disminuyan la velocidad.

### **2.2.6. Geometría de la vía**

Las características geométricas de la vía están directamente relacionadas con la capacidad de la vía, con el tipo de vehículos que circularán por ella y con la velocidad de circulación, el ancho de los carriles, la altura libre existente en las estructuras bajo las que pasa la vía, así como otras características geométricas de la misma, limitan las dimensiones de los vehículos.

- **Ancho de calzada**

El ancho de calzada es el ancho de la superficie sobre la cual circula un cierto tránsito vehicular, permitiendo el desplazamiento cómodo y seguro del mismo.

- El carril

Es la unidad de medida transversal, para la circulación de una sola fila de vehículos, siendo el ancho de calzada la sumatoria del ancho de los carriles. Divididas o no, las carreteras pueden estar formadas por dos o más carriles de circulación por sentido.

- Hombros o espaldones

Los hombros o espaldones tienen lugar contiguo a los carriles de circulación, y que, en conjunto con estos, constituyen la corona o sección comprendida entre los bordes de los taludes. Es importante que el hombro brinde una buena apariencia tal que inste a usarlo en situaciones de emergencia, en todas las condiciones del tiempo.

- Derecho de vía

Es el área o superficie del terreno propiedad del estado, destinado al uso de una carretera o camino, con zonas adyacentes utilizadas para las instalaciones y obras complementarias y delimitadas a ambos lados por los linderos de las propiedades colindantes. (García & Aburto, 2001)

### **2.2.7. Carpeta de rodamiento**

La superficie de rodamiento es un elemento que forma parte tanto de la vía rural como la urbana. Es la superficie de la vía sobre la que transitan los vehículos y que se compone por uno o varios carriles.

- Fallas o deterioros

El deterioro superficial del pavimento provee una medida del daño causado por el tráfico, condiciones ambientales y envejecimiento de los materiales que constituyen la capa de rodadura.

- Ahuellamiento

El ahuellamiento consiste en una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos. Esta falla indica una insuficiencia estructural del pavimento o

una deficiente estabilidad del sistema subrasante- pavimento. En algunos casos se hace más evidente cuando la mezcla asfáltica se desplaza formando un cordón a cada lado del área.

- Baches

Este tipo de falla consiste en la desintegración total de la superficie de rodadura que puede extenderse a otras capas del pavimento, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares.

- Parches

Este tipo de procedimiento consiste en remover y reemplazar el pavimento original con mezcla nueva de igual espesor y buena calidad.

En general las áreas parchadas tienen un comportamiento inferior al pavimento original y en muchos casos son el origen de una mayor rugosidad del pavimento o de nuevas fallas en el mismo o en el área adyacente, particularmente cuando su ejecución es defectuosa. Se destacan parches con nivel de severidad bajo, medio y alto a lo largo del tramo de la carretera en estudio y en algunos casos donde se realizó el reemplazo del pavimento, fue colocada mezcla asfáltica elaborada en frío.

- Desprendimiento de agregados y oquedades en la superficie

Consiste en la desintegración del pavimento en fragmentos pequeños y sueltos, o también en la disgregación de las partículas del agregado. El desprendimiento es la disgregación progresiva de las partículas de agregado de un pavimento desde la superficie hacia abajo o desde los bordes hacia adentro. Usualmente el agregado fino se desprende primero y deja algunas marcas en el pavimento. A medida que aumenta la erosión, las partículas mayores se van rompiendo y el pavimento va adquiriendo un aspecto rugoso y áspero.

El deterioro de la capa de rodadura afecta de manera directa la capacidad estructural del pavimento, ya que ésta soporta directamente las cargas impuestas por el tráfico y se

encarga de transmitirla a las capas inferiores de menor resistencia que ella, exponiéndose a mayores solicitaciones de carga que afectan el comportamiento estructural del pavimento que provocan inconformidad en el usuario. (García & Aburto, 2001)

### **2.3. Estudio de tránsito**

“El flujo de tráfico en cualquier tramo de la red vial de Nicaragua tiene sus propias características de volumen y composición por tipo de vehículo que normaliza las fluctuaciones o las variaciones que se presentan en las características del flujo a lo largo de diferentes intervalos de tiempo, de hora a hora, por día de la semana y de mes a mes” (Anuario de aforos de tráfico, 2020, p.1).

#### **2.3.1. Aforo vehicular manual**

Según Cal y Mayor Cárdenas (2007) en su libro expone que la ingeniería de tránsito, la medición básica más importante es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y/o peatones. Los conteos se realizan para obtener estimaciones de: volumen, tasa de flujo, demanda y capacidad (p.168).

Es notable que el porcentaje de vehículos de transporte de carga dentro de la composición del tráfico tenga alto grado de variación de un sitio al otro y se relaciona bien como indicador de la función de la vía (Anuario de aforos de tráfico, 2020, p.7).

#### **2.3.2. Tipología vehicular**

“El vehículo de proyecto es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiarán el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que éstas puedan acomodar vehículos de este tipo” (Cal y Mayor, 2018, p. 96).

#### **2.3.3. Características de los vehículos de proyecto**

En general, los vehículos se clasifican en ligeros, pesados y vehículos especiales.

**Vehículos ligeros:** son vehículos de pasajeros y/o carga, que tiene dos ejes y cuatro ruedas. Se incluyen en esta denominación los automóviles, camperos, camionetas y las unidades ligeras de pasajeros y carga (Cal y Mayor Cárdenas, 2018, p. 96).

**Vehículos pesados:** son unidades destinadas al transporte masivo de pasajeros o carga, de dos o más ejes y de seis o más ruedas. En esta denominación se incluyen los autobuses y los camiones (Cal y Mayor Cárdenas, 2018, p.96).

**Vehículos especiales:** son aquellos que eventualmente transitan y/o cruzan las carreteras y calles, tales como: camiones y remolques especiales para el transporte de troncos, minerales, maquinaria pesada, maquinaria agrícola, bicicletas y motocicletas, y en general, todos los demás vehículos no clasificados anteriormente, tales como vehículos deportivos y vehículos de tracción animal” (Cal y Mayor, 2018, p. 96).

Para Nicaragua la tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico, está dada por la oficina de diagnóstico del Ministerio de Transporte e Infraestructura.

#### **2.3.4. Volumen de tránsito**

Es el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado, y se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T} \quad (\text{Cal y Mayor Cárdenas, 2018}) \quad \textbf{(Ecuación 5)}$$

**Donde:**

**Q:** vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/período).

**N:** número total de vehículos que pasan (vehículos).

**T:** Período determinado (unidades de tiempo).

#### **2.3.5. Volúmenes de tránsito promedio diario**

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período.

De manera general se expresa como:

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} \leq t \leq 1 \text{ año}} \quad (\text{Cal y Mayor Cárdena, 2018}) \quad (\text{Ecuación 6})$$

**Donde:**

**N:** representa el número de vehículos que pasan durante t días. De acuerdo con el número de días del periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dados en vehículo por día.

### 2.3.6. Tránsito promedio diario anual (TPDA)

“Uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras es el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado” (Anuario de aforos de tráfico, 2020, p.13).

De acuerdo al Anuario de Aforos de Tránsito (2020) “El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), es la unidad de medida habitual para indicar el uso o importancia de una carretera y se expresa en número de vehículos por día” (p.14).

- **Factor Día:**

corresponde expandir el tráfico diurno de 12 horas a tráfico diario de 24 horas se obtiene mediante los resultados correspondientes de las estaciones de mayor cobertura de 24 horas siendo la fórmula para calcular:

$$Factor \text{ día} = 1 + \frac{Trafico \text{ Nocturno}}{Trafico \text{ Diurno}} \quad (\text{SIECA, 2011}) \quad (\text{Ecuación 7})$$

El valor de factor día a adoptar por defecto en las estaciones de Mayor Cobertura 1.0.

- **Factor Semana:**

El Factor para expandir el resultado obtenido para un período corto de tres días de la semana (martes a jueves) a los promedios semanales 7 días (lunes a domingo), siendo la fórmula para calcular:

$$Factor\ Semana = \frac{(Tlab*5+Tfs*2)}{7*Tlab} \quad (SIECA, 2011) \quad (Ecuación\ 8)$$

Donde:

*Tlab: Corresponde al tráfico levantado durante la semana Lunes a Viernes*

*Tfs: Corresponde al tráfico levantado durante el fin de semana sábado a domingo*

Los valores de factor semana en las Estaciones de Mayor Cobertura por defecto será 1.0.

- **Factor Fin de Semana:**

Es el Factor para expandir un conteo realizado durante el fin de semana a los 7 días de la semana, siendo la fórmula para calcular:

$$Factor\ Laboral = \frac{(Tlab*5+Tfs*2)}{7*Tlab} \quad (SIECA, 2011) \quad (Ecuación\ 9)$$

- **Factor de Expansión:**

Es el factor para expandir el tráfico diario semanal al tránsito promedio diario anual (TPDA) por tipo de vehículo, el que se obtiene de los conteos realizados en las estaciones de mayor cobertura.

$$Factor\ Expansión = \frac{(TPS\ 1er.conteo\ EMC + TPS\ 2do.conteo\ EMC + TPS\ 3er.conteo\ EMC)}{3*TPS\ Trabajado} \quad (Ecuación\ 10)$$

### 2.3.7. Estudio de Velocidades

La velocidad en un tramo de carretera varía mucho de unos vehículos a otros. Cuando se estudia la velocidad de un solo vehículo, se ve que esta no permanece constante aun cuando el conductor procure mantener una velocidad fija. Será más interesante estudiar valores medios de la velocidad que seguir la evolución de los distintos vehículos que circulan por un tramo. Estos valores medios pueden obtenerse de distintas formas, con

resultados diferentes y para ello tenemos diferentes definiciones de velocidad. (Garrido, 1999)

La velocidad es una medida importante de la calidad del servicio que se proporciona al usuario de la vía. Se utiliza como una de las medidas de eficacia más importante para definir los “niveles de servicio”, en muchos tipos de vía. Un conductor espera alcanzar una velocidad más alta en una autopista que en una arteria urbana. Las velocidades bajas se toleran en aquellas calzadas que presentan unas alineaciones críticas tanto en planta como en alzado. Los criterios de niveles de servicio se establecen en función de estos factores.

- **Velocidad de Punto**

La velocidad de punto se define como la velocidad instantánea que presenta un vehículo al pasar por un punto específico de una vía. Esta medición se utiliza comúnmente en estudios de tránsito para analizar el comportamiento vehicular en lugares estratégicos, como intersecciones, pasos peatonales o estaciones de peaje. A diferencia de la velocidad de recorrido, que calcula un promedio en función del tiempo y la distancia entre dos puntos, la velocidad de punto permite evaluar condiciones locales del flujo vehicular y detectar posibles problemas de seguridad vial (SIECA, 2011).

- **Velocidad Media**

La velocidad media se define como el cociente entre la distancia total recorrida y el tiempo total empleado para recorrer esa distancia. Es una medida que permite evaluar el comportamiento global del tráfico en un tramo específico de carretera, sin tener en cuenta las fluctuaciones instantáneas de velocidad.

Este cálculo es esencial para obtener una visión general del movimiento del tráfico y optimizar la planificación del transporte y la seguridad vial. (SIECA, 2011).

$$Velocidad Media = \frac{Distancia total recorrida}{Tiempo total empleado} \quad (SIECA, 2011) \quad \textbf{(Ecuación 11)}$$

- **Niveles de Servicio**

Cuando la intensidad del tráfico llega a igualar la capacidad de una carretera o calle cualquiera las condiciones de operación en la misma se tornan deficientes con velocidades de circulación pequeñas y frecuentes paradas y demoras considerables en el viaje, aun cuando las condiciones de trazado y de tráfico sean ideales.

La intensidad máxima de vehículos que puede soportar un tramo de carretera para un nivel de servicio seleccionado, es lo que se ha definido como “intensidad de servicio”.

Se han seleccionado seis niveles de servicio para cualquier tipo de carretera o calle, en los que se identifican las condiciones existentes bajo ciertos requerimientos previos de intensidad y velocidad, que se designan de A a F.

**- Nivel de servicio A.**

Representa las características de la circulación libre, fluida, sólo posible cuando la intensidad de servicio es pequeña y la velocidad del trayecto elevada, donde los conductores pueden desarrollar la velocidad, por ellos mismos elegida con gran libertad de maniobra.

**- Nivel de servicio B.**

Indica la zona donde la circulación es libre pero la velocidad comienza a sentirse restringida por algunas condiciones del tráfico. Sin embargo, los conductores aún poseen una libertad razonable para seleccionar su propia velocidad y carril de circulación.

**- Nivel de Servicio C.**

Este nivel representa aún las características de circulación estable, fluida, aunque la velocidad posible a desarrollar y la libertad de maniobra de los conductores están ya más ligadas a las condiciones impuestas por el tráfico que por la propia voluntad de aquellos. La mayor parte de los usuarios encuentran dificultades para seleccionar su propia velocidad, cambiar de carril y adelantar a otros vehículos.

#### **- Nivel de Servicio D.**

Dentro de esta zona las condiciones de operación se aproximan a la inestabilidad, con velocidad real notable, aunque difícil de mantener constante a través de un trayecto largo. Los conductores encuentran poca libertad de maniobra y comodidad.

#### **- Nivel de servicio E.**

Determina las características de una circulación inestable con velocidad variable y paradas de breve duración; la velocidad oscila normalmente alrededor de los 50 km/h y las intensidades de servicio se acercan mucho más a la capacidad de la vía.

#### **- Nivel de servicio F**

Representa las condiciones de tráfico de circulación forzada con pequeña velocidad y paradas frecuentes de menor o mayor duración, debidas a la congestión del tráfico, en casos extremos la velocidad y la intensidad de servicio pueden descender a 0. (Garrido, 1999).

### **2.3.8. Clasificación funcional de las carreteras**

“Siendo las carreteras un componente de un sistema integral de transporte, ha sido necesario clasificarlas de distintas maneras, según la necesidad de reflejar alguna característica común o algún propósito determinado. Así se han clasificado según sus sistemas operacionales, según su clase, según su función o según tipos geométricos y orográficos. Estas clasificaciones han sido necesarias para facilitar la comunicación entre los planificadores, administradores, ingenieros y el público en general” (SIECA, 2011, p.23).

“La clasificación funcional es el proceso por el cual las carreteras y calles son agrupadas en clases, o sistemas, de acuerdo a las características de servicio al tráfico que se intente proveer. Esta sección introduce los conceptos básicos requeridos para comprender la clasificación funcional de obras y sistemas viales” (SIECA, 2011, p.23).

## 2.4. Plan estratégico de seguridad vial

Para minimizar los accidentes y optimizar la seguridad vial en el tramo evaluado, tomando como base el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito SIECA 2014, se deben aplicar una serie de soluciones viables que incorporen tanto dispositivos de control, como medidas de educación vial, infraestructura adecuada y tecnología. A continuación, se presentan algunas soluciones posibles:

### 2.4.1. Mejoras en la Señalización Vertical y Horizontal

- **Actualización y mantenimiento de señales viales:** Es fundamental garantizar que las señales de tránsito (señales reglamentarias, informativas y preventivas) estén en buen estado y sean claramente visibles. La visibilidad de las señales debe ser revisada y, en caso necesario, reforzada con señales reflectantes y luminiscencia.
- **Marcado adecuado de carriles y zonas peligrosas:** Según el manual, la señalización horizontal debe estar bien definida, utilizando pintura reflectante que permita la identificación clara de los límites de los carriles, intersecciones y cruces peatonales, especialmente en condiciones nocturnas o de baja visibilidad.

### 2.4.2. Implementación de Dispositivos de Control del Tránsito

- **Semáforos adecuados y control de la velocidad:** La instalación de semáforos con temporizadores y sistemas de control de velocidad automáticos, como radares y cámaras de seguridad, para hacer cumplir los límites de velocidad en zonas urbanas y rurales. De acuerdo con el manual, los semáforos deben estar sincronizados y ser visibles desde distancias adecuadas.
- **Dispositivos reductores de velocidad:** En zonas escolares, hospitales, y áreas con alto tránsito peatonal, se pueden incorporar reductores de velocidad, como lomos de burro o señales de velocidad baja.

### 2.4.3. Educación y Concientización Vial

- **Campañas de sensibilización:** Desarrollar campañas de educación vial que incluyan la importancia de respetar las señales de tránsito, el uso del cinturón de seguridad, la conducción responsable y la prevención de accidentes. Estas campañas pueden ser en medios masivos de comunicación y en programas educativos en escuelas.

### 2.4.4. Mejoras en la Infraestructura Vial

- **Ampliación de carriles y mejoramiento de intersecciones:** En tramos viales con alto índice de congestión, la ampliación de carriles o la reconfiguración de intersecciones pueden ayudar a mejorar el flujo vehicular y reducir los puntos críticos de accidentes. Es importante contar con una correcta señalización en las intersecciones, ajustándola conforme al manual.
- **Implementación de pasos peatonales seguros:** En áreas con alta circulación peatonal, es necesario asegurar la existencia de pasos peatonales bien demarcados, seguros y con señalización adecuada. Además, instalar semáforos peatonales donde sea necesario.

### 2.4.5. Mejoramiento de la Seguridad en el Entorno Vial

- **Iluminación adecuada de la vía pública:** Mejorar la iluminación en tramos de carretera oscuros o con poca visibilidad. El manual establece que la visibilidad es un factor clave para prevenir accidentes, especialmente durante la noche.
- **Instalación de barreras de seguridad:** En zonas de alta peligrosidad, como curvas cerradas o acantilados, instalar barreras de seguridad que protejan a los vehículos en caso de deslizamiento o salida de la vía.

#### 2.4.6. Evaluación y Monitoreo Continuo

- **Auditorías viales periódicas:** Realizar auditorías viales regularmente para identificar y corregir puntos críticos en la infraestructura, señalización y gestión del tránsito. Esto debe incluir la recopilación de datos sobre accidentes y la implementación de mejoras basadas en los patrones observados.
- **Monitoreo de la efectividad de las medidas implementadas:** Evaluar el impacto de las medidas tomadas mediante estadísticas de accidentes, flujos vehiculares y percepción de los conductores sobre la seguridad vial.

#### 2.4.7. Fomento de la Movilidad Sostenible

- **Fomento de alternativas de transporte:** Promover el uso del transporte público, bicicletas y caminatas como medios alternativos de transporte. Implementar infraestructura para ciclistas y peatones, con carriles exclusivos y áreas seguras para transitar.

La combinación de estas soluciones contribuirá a la reducción de accidentes y a la mejora general de la seguridad vial en el tramo evaluado, tomando en cuenta las directrices del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito SIECA 2014.

## **CAPITULO III ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### 3.1. Análisis de accidentalidad

Para la realización del estudio de accidentalidad se filtraron los accidentes ocurridos en el tramo a partir de los registros proporcionados por la dirección de seguridad de Tránsito Nacional y se han clasificado los accidentes por año, por causa, por tipo, por hora de ocurrencia, por día de ocurrencia y finalmente se analiza la magnitud del problema.

#### 3.1.1. Accidentes por año

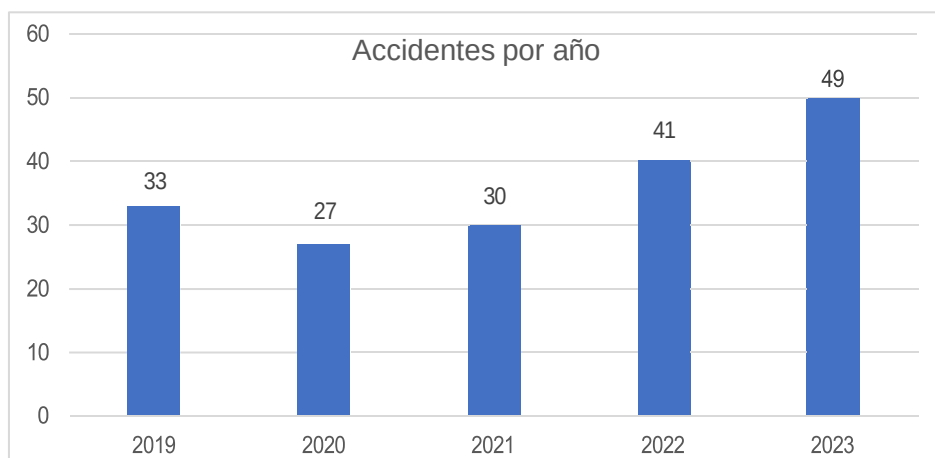
De acuerdo con Cal y Mayor (2014), los problemas del tránsito generan dos consecuencias principales: los accidentes y la congestión vehicular. El primero reviste una mayor gravedad por su carácter vital, ya que implica pérdidas humanas, un alto número de lesionados y costos económicos significativos.

**Tabla 1 Número de accidentes por año (2019 - 2023)**

| Año  | Accidentes |
|------|------------|
| 2019 | 33         |
| 2020 | 27         |
| 2021 | 30         |
| 2022 | 41         |
| 2023 | 49         |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019, 2023).

**Figura 3 Comparación de accidentes por año, 2019–2023.**



**Fuente:** Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019, 2023).

En el tramo en estudio, comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5 de la Carretera Vieja a León, los registros de la Dirección de Seguridad de Tránsito Nacional evidencian que la siniestralidad vial constituye un problema persistente. Durante el período 2019–2023, se contabilizaron diversos accidentes con consecuencias tanto materiales como humanas, reflejando un comportamiento fluctuante a lo largo de los años. En la Tabla 1 se observa la evolución del número de siniestros anuales, donde se aprecia un incremento progresivo, alcanzando su punto más alto en el año 2023, con un total de 49 accidentes reportados.

Estos resultados demuestran que, pese a los esfuerzos institucionales por fortalecer la señalización y las campañas de prevención, la incidencia de accidentes continúa siendo elevada en este tramo, considerado de tránsito interurbano y con características geométricas que demandan especial precaución por parte de los conductores.

La mayor parte de los siniestros se vincula a factores humanos, destacando errores de conducción, maniobras indebidas y distracción al volante. Sin embargo, también se identifican condiciones asociadas al entorno vial, como la limitada visibilidad en determinados puntos, la presencia de accesos laterales y la falta de control peatonal, que contribuyen al riesgo de colisión. Los factores vehiculares, aunque menos representativos, también inciden en algunos eventos, principalmente por deficiencias mecánicas o falta de mantenimiento preventivo.

En síntesis, los errores humanos constituyen la causa predominante en el tramo, en concordancia con estudios internacionales que estiman que entre el 70 % y el 90 % de los accidentes son atribuibles a este factor. La mejora en la infraestructura vial, el cumplimiento normativo y la educación del conductor podrían reducir significativamente la magnitud de los siniestros.

La tabla 1, resume el número de accidentes registrados en el tramo comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5 de la Carretera Vieja a León, durante el quinquenio 2019–2023. Esta información, obtenida de los reportes oficiales de la Policía Nacional, constituye la

base para el análisis detallado de las causas y características de la accidentalidad vial en el sector.

### 3.1.2. Clasificación por causas

Con base en los registros de la Dirección de Seguridad de Tránsito Nacional, en el tramo de 2.5 km comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5 de la Carretera Vieja a León (Comarca Chiquilistagua, Managua), durante el período 2019–2023 se identificaron diversas causas asociadas a los siniestros viales. La información recopilada permitió agruparlas según su naturaleza, distinguiendo entre causas inmediatas, vinculadas a las maniobras o decisiones del conductor en el momento del hecho, y causas mediatas, asociadas a condiciones o comportamientos subyacentes que favorecieron la ocurrencia del evento.

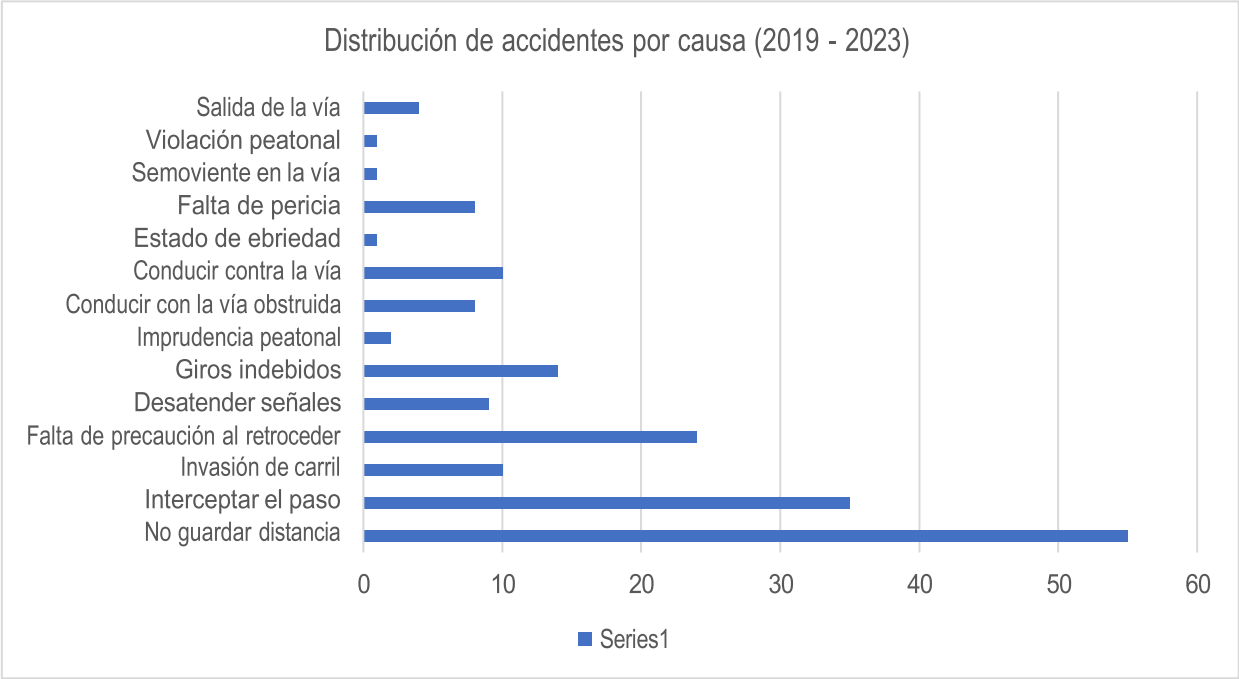
**Tabla 2 Causas de los Accidentes de Tránsito - Tramo Km 13 a Km 15.5 Carretera Vieja a León**

| Causa Inmediata                   | 2019     | 2020     | 2021      | 2022      | 2023      | Total     |
|-----------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>No guardar distancia</b>       | <b>7</b> | <b>6</b> | <b>10</b> | <b>15</b> | <b>15</b> | <b>55</b> |
| Interceptar el paso               | 10       | 3        | 5         | 7         | 10        | 35        |
| Invasión de carril                | 4        | 1        | 4         | 0         | 1         | 10        |
| Falta de precaución al retroceder | 3        | 3        | 6         | 4         | 8         | 24        |
| Desatender señales                | 2        | 3        | 1         | 3         | 0         | 9         |
| Giros indebidos                   | 2        | 3        | 3         | 2         | 4         | 14        |
| Imprudencia peatonal              | 1        | 1        | 0         | 0         | 0         | 2         |
| Conducir con la vía obstruida     | 1        | 2        | 1         | 4         | 0         | 8         |
| Conducir contra la vía            | 0        | 0        | 0         | 0         | 10        | 10        |

| Causa Inmediata      | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Total |
|----------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Estado de ebriedad   | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1     |
| Falta de pericia     | 1    | 2    | 0    | 4    | 1    | 8     |
| Semoviente en la vía | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1     |
| Violación peatonal   | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 1     |
| Salida de la vía     | 0    | 2    | 0    | 2    | 0    | 4     |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019, 2023).

**Figura 4 Causas de los Accidentes de Tránsito - Tramo Km 13 a Km 15.5 Carretera Vieja a León**



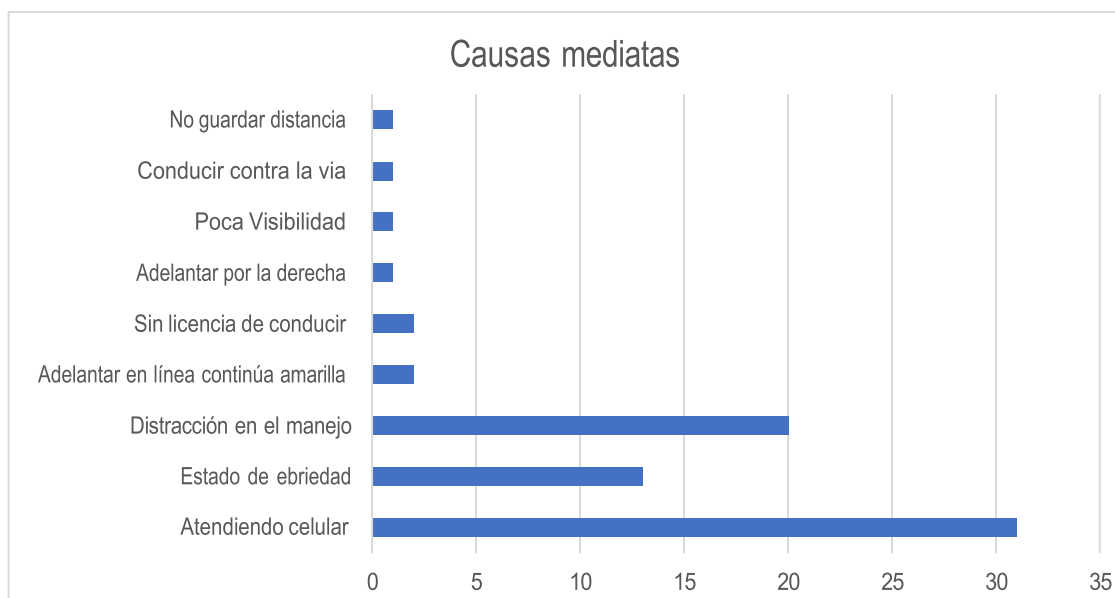
**Fuente:** Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019, 2023).

**Tabla 3 Causas mediatas de los Accidentes de Tránsito - Tramo Km 13 a Km 15.5 Carretera Vieja a León**

| Causas mediatas                      | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Total |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Atendiendo celular                   | 7    | 6    | 2    | 0    | 16   | 31    |
| Estado de ebriedad                   | 1    | 3    | 1    | 3    | 5    | 13    |
| Distracción en el manejo             |      |      |      |      | 20   | 20    |
| Adelantar en línea continua amarilla |      |      |      |      | 2    | 2     |
| Sin licencia de conducir             |      |      |      |      | 2    | 2     |
| Adelantar por la derecha             |      |      |      |      | 1    | 1     |
| Poca Visibilidad                     |      |      |      |      | 1    | 1     |
| Conducir contra la vía               |      |      |      |      | 1    | 1     |
| No guardar distancia                 |      |      |      |      | 1    | 1     |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019, 2023).

**Figura 5 Causas mediatas de los Accidentes de Tránsito - Tramo Km 13 a Km 15.5 Carretera Vieja a León**



**Fuente:** Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019, 2023).

Estas cifras muestran que la imprudencia al conducir es el elemento común en la mayoría de los accidentes. La falta de precaución, la distracción y el consumo de alcohol se

combinan con las condiciones propias del entorno como curvas con visibilidad reducida y tramos con señalización limitada para crear un escenario de alto riesgo.

Además, la presencia de múltiples accesos laterales y giros a zonas residenciales o caminos secundarios puede estar influyendo en la elevada cantidad de choques por interceptar el paso o por falta de distancia de seguridad. Esto sugiere la necesidad de revisar el diseño geométrico y reforzar la señalización preventiva, sobre todo en los puntos donde ocurren más giros y rebases.

### **3.1.3. Clasificación por tipo de accidentes**

Los accidentes de tránsito constituyen uno de los principales problemas de seguridad vial, tanto a nivel mundial como nacional. Su clasificación permite comprender los factores que los originan, la dinámica del evento y las consecuencias que producen en las personas, los vehículos y la infraestructura. De acuerdo con la literatura especializada, los siniestros pueden analizarse según su gravedad, el lugar de impacto y la naturaleza del evento (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018; Cal y Mayor, 2005). Esta categorización contribuye al diseño de estrategias de prevención más efectivas y a la formulación de políticas públicas orientadas a reducir la siniestralidad vial.

En el tramo comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5 de la Carretera Vieja a León, los registros de la Dirección de Seguridad de Tránsito Nacional correspondientes al período 2019–2023 reflejan que los choques entre vehículos constituyen el tipo de accidente predominante, seguidos en menor proporción por atropellos, colisiones contra objetos fijos y vuelcos. En la Tabla 4 se presentan los resultados consolidados.

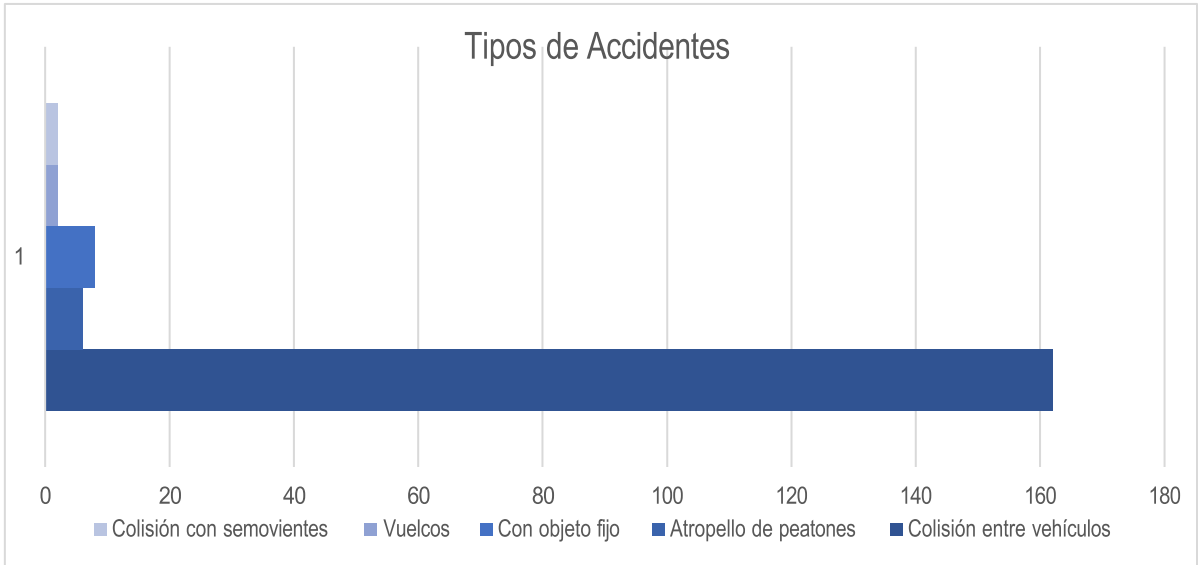
3.1.4. Distribución de accidentes

Tabla 4 Tipos de Accidentes de Tránsito - Tramo Km 13 a Km 15.5 Carretera Vieja a León

| Tipo de Accidente        | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Total |
|--------------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Colisión entre vehículos | 29   | 22   | 27   | 37   | 47   | 162   |
| Atropello de peatones    | 2    | 4    | 0    | 0    | 0    | 6     |
| Con objeto fijo          | 2    | 1    | 3    | 2    | 0    | 8     |
| Vuelcos                  | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    | 2     |
| Colisión con semovientes | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 2     |

Fuente: Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019, 2023).

Figura 6 Distribución de Accidentes de Tránsito - Tramo Km 13 a Km 15.5 Carretera Vieja a León



Fuente: Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019, 2023).

De acuerdo con los reportes oficiales y lo observado en la gráfica, el comportamiento de los accidentes en el tramo evidencia una tendencia clara; el 90 % de los accidentes corresponde a colisiones entre vehículos. Este predominio refleja patrones repetitivos

como maniobras indebidas, conducción distraída y exceso de velocidad, lo que evidencia que el principal problema está en la interacción vehicular dentro de la carpeta de rodamiento.

Los atropellos a peatones, aunque menos numerosos, destacan por su gravedad. El hecho de que estos casos se concentren principalmente en años previos a 2021 sugiere que, en ese período, las condiciones de la vía no ofrecían la seguridad necesaria para usuarios vulnerables.

Los choques contra objetos fijos y los vuelcos ponen en evidencia situaciones de pérdida de control, especialmente en zonas donde el trazado incluye curvas, accesos secundarios o cambios abruptos de velocidad.

Finalmente, la colisión con semovientes registrada en 2023 confirma la influencia del entorno rural, donde la presencia de animales sueltos en las cercanías de la vía sigue representando un riesgo importante.

En conjunto, la información analizada y lo mostrado en la gráfica evidencian la necesidad de reforzar la señalización preventiva, mejorar las condiciones de seguridad para peatones y controlar los accesos laterales, con el fin de reducir los puntos de conflicto y aumentar la seguridad vial del tramo.

#### **3.1.4.1. Clasificación según la gravedad del accidente**

Considerando la severidad de las consecuencias, los accidentes pueden clasificarse en leves, con daños materiales, con lesionados o con víctimas fatales. En el tramo analizado, la mayoría de los eventos registrados correspondieron a accidentes con daños materiales, producto de colisiones entre vehículos livianos y motocicletas. Sin embargo, también se reportaron casos con lesionados, especialmente en aquellos siniestros derivados de alcances, invasión de carril o giros indebidos.

Si bien no se evidencian accidentes con víctimas mortales dentro del período 2019–2023, el incremento sostenido en la frecuencia de choques indica la existencia de un riesgo

latente que podría derivar en consecuencias más graves si no se fortalecen las medidas de control y prevención.

#### **3.1.4.2. Clasificación según el lugar de impacto**

En relación con el punto de contacto del accidente, los registros evidencian que la mayoría de los siniestros fueron colisiones frontales o por alcance, típicas de vías bidireccionales con alto flujo y escasa separación entre carriles. Estos choques se producen cuando un vehículo impacta con la parte delantera o lateral a otro que circula en sentido contrario o a un objeto fijo, siendo resultado de la no conservación de distancia, distracción o rebases indebidos.

Asimismo, se identificaron colisiones contra objetos fijos, tales como postes, cunetas o señalización vertical, las cuales reflejan pérdida de control del vehículo por exceso de velocidad o maniobras evasivas bruscas. En menor proporción, se reportaron atropellos a peatones, concentrados principalmente en los años 2019 y 2020, lo que indica la coexistencia de tránsito vehicular con desplazamientos peatonales en sectores sin cruces habilitados o aceras continuas.

Los vuelcos registrados corresponden a incidentes aislados asociados a pérdida de estabilidad durante giros o desplazamientos a velocidad inadecuada, mientras que las colisiones con semovientes evidencian la presencia ocasional de animales en la calzada, propia del entorno rural de la Comarca Chiquilistagua.

Estos resultados confirman que los choques entre vehículos son el tipo de siniestro dominante en el tramo analizado, seguidos por los impactos contra objetos fijos y los atropellos, lo que evidencia la necesidad de mejorar la señalización preventiva, el control peatonal y la delimitación de accesos laterales.

### 3.1.5. Accidentes por día de semana

#### 3.1.5.1. Accidentes por día de semana

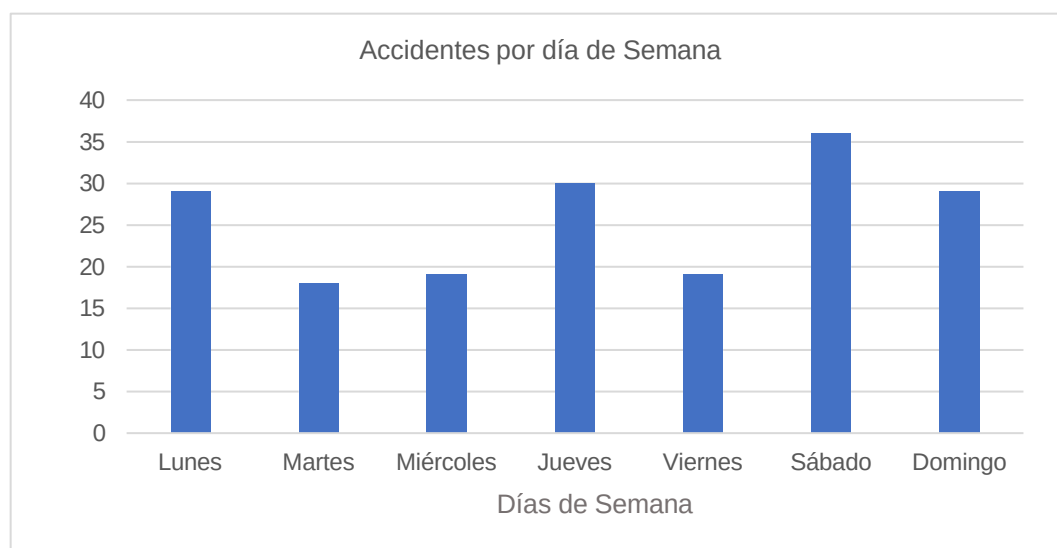
El comportamiento de los accidentes varía según el día de la semana. En el tramo de carretera vieja a León se observa que los viernes y sábados concentran la mayor cantidad de siniestros, asociados a un aumento de la circulación y a la conducción bajo efectos del alcohol.

**Tabla 5 Accidentes por día de semana (2019–2023)**

| Día de la Semana | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Total |
|------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Lunes            | 6    | 4    | 5    | 4    | 10   | 29    |
| Martes           | 4    | 3    | 1    | 5    | 5    | 18    |
| Miércoles        | 3    | 2    | 3    | 6    | 5    | 19    |
| Jueves           | 5    | 4    | 7    | 7    | 7    | 30    |
| Viernes          | 4    | 4    | 1    | 3    | 7    | 19    |
| Sábado           | 6    | 6    | 7    | 9    | 8    | 36    |
| Domingo          | 5    | 4    | 6    | 7    | 7    | 29    |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019, 2023).

**Figura 7 Accidentes por Semana**



**Fuente:** Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019, 2023).

La tabla 5 muestra la distribución de accidentes por día de la semana durante el período 2019-2023, destacando que los sábados son los días con mayor accidentabilidad con 36 registros, seguidos por los jueves con 30, mientras que los martes presentan la menor frecuencia con 18 y miércoles y viernes registran 19 cada uno, siendo días de menor concentración. Se observa que en 2023 los lunes experimentan un notable incremento con 10 registros, sugiriendo un cambio en la dinámica de ese año, y que los sábados mantienen un aumento constante a lo largo del tiempo, confirmando su alta actividad. En contraste, martes y viernes presentan fluctuaciones más marcadas, como el martes de 2021 con solo 1 registro. En general, los días cercanos al fin de semana, jueves, sábado y domingo, concentran más eventos, mientras que los días intermedios de la semana muestran menor actividad.

### 3.1.5.2. Accidentes por hora del día

El análisis horario evidencia que los accidentes se concentran principalmente en las horas pico laborales (6–8 a.m. y 5–7 p.m.), así como en la madrugada de fines de semana debido a la conducción en estado de ebriedad.

**Tabla 6 Accidentes por hora del día (2019–2023)**

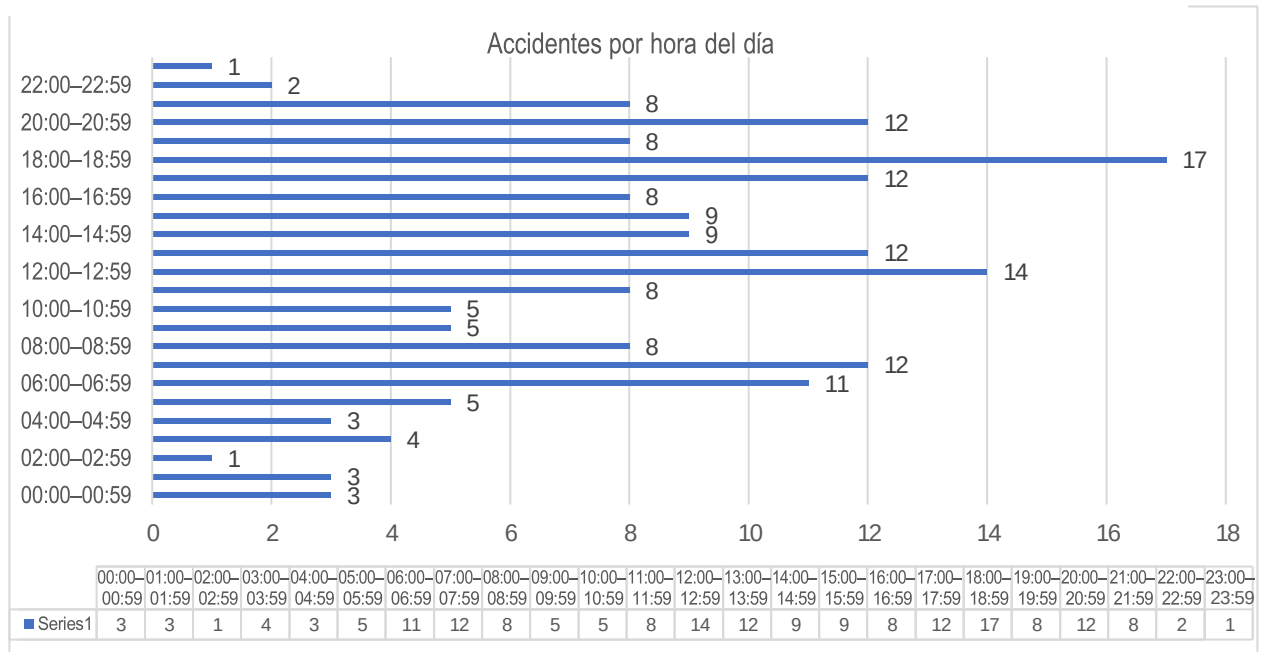
| Hora        | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Total |
|-------------|------|------|------|------|------|-------|
| 00:00–00:59 | 1    | 0    | 0    | 0    | 2    | 3     |
| 01:00–01:59 | 0    | 0    | 1    | 1    | 1    | 3     |
| 02:00–02:59 | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 1     |
| 03:00–03:59 | 0    | 0    | 2    | 2    | 0    | 4     |
| 04:00–04:59 | 1    | 0    | 2    | 0    | 0    | 3     |
| 05:00–05:59 | 0    | 1    | 1    | 2    | 1    | 5     |
| 06:00–06:59 | 3    | 0    | 1    | 4    | 3    | 11    |
| 07:00–07:59 | 3    | 0    | 3    | 3    | 3    | 12    |
| 08:00–08:59 | 3    | 2    | 0    | 3    | 0    | 8     |
| 09:00–09:59 | 2    | 0    | 2    | 0    | 1    | 5     |
| 10:00–10:59 | 1    | 1    | 1    | 0    | 2    | 5     |
| 11:00–11:59 | 4    | 3    | 1    | 0    | 0    | 8     |
| 12:00–12:59 | 4    | 0    | 1    | 4    | 5    | 14    |
| 13:00–13:59 | 1    | 3    | 3    | 2    | 3    | 12    |
| 14:00–14:59 | 1    | 3    | 1    | 2    | 2    | 9     |
| 15:00–15:59 | 2    | 1    | 1    | 1    | 4    | 9     |

| Hora        | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Total |
|-------------|------|------|------|------|------|-------|
| 16:00–16:59 | 1    | 3    | 1    | 2    | 1    | 8     |
| 17:00–17:59 | 1    | 3    | 1    | 1    | 6    | 12    |
| 18:00–18:59 | 1    | 2    | 1    | 5    | 8    | 17    |
| 19:00–19:59 | 2    | 1    | 1    | 2    | 2    | 8     |
| 20:00–20:59 | 2    | 1    | 2    | 3    | 4    | 12    |
| 21:00–21:59 | 0    | 2    | 1    | 4    | 1    | 8     |
| 22:00–22:59 | 0    | 1    | 1    | 0    | 0    | 2     |
| 23:00–23:59 | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 1     |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019-2023).

La tabla 6 muestra la distribución de accidentes por hora durante el período 2019-2023, reflejando patrones claros de ocurrencia. Los horarios con mayor concentración de accidentes son las 18:00–18:59 con 17 casos, seguidos por 12:00–12:59 con 14, 07:00–07:59 y 13:00–13:59 con 12 cada uno, así como 17:00–17:59 y 20:00–20:59 también con 12 registros, lo que indica que las horas cercanas al mediodía y al final de la tarde presentan mayor riesgo de accidentes. En contraste, las horas de la madrugada, entre 02:00 y 05:59, presentan poca ocurrencia, con un total combinado de 12 accidentes, y los intervalos 22:00–22:59 y 23:00–23:59 registran los valores más bajos con 2 y 1 caso respectivamente, mostrando menor incidencia en la noche. A lo largo de los años se observan fluctuaciones: algunas horas como 06:00–06:59 y 07:00–07:59 mantienen una frecuencia relativamente constante, mientras que otras presentan picos puntuales, como las 18:00–18:59 en 2023 con 8 accidentes. En general, la mayoría de los accidentes ocurren durante la mañana y la tarde, mientras que la madrugada y la noche son períodos de menor ocurrencia.

**Figura 8 Accidentes por hora del día (2019–2023)**



**Fuente:** Policía Nacional, Dirección de Seguridad de Tránsito (Informe Estadístico de Accidentes de Tránsito, 2019–2023).

### 3.1.6. Identificación de tramos de concentración de accidentes

El análisis realizado en el tramo comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5 de la Carretera Vieja a León, ubicado en la Comarca Chiquilistagua, evidencia que existen zonas con una alta concentración de accidentes de tránsito, lo que significa que en determinados puntos se registran más accidentes que en el resto de la carpeta de rodamiento.

En este tramo de apenas 2.5 kilómetros se contabilizaron un total de 180 accidentes entre los años 2019 y 2023, lo que refleja una situación preocupante considerando la corta longitud del sector. De ese total, 83 accidentes se produjeron entre el Km 13 y el Km 14, mientras que 97 se concentraron entre el Km 14 y el Km 15.5, lo que muestra un incremento progresivo hacia el norte del tramo.

Al revisar los datos por kilómetro, se observa que el Km 14 registró 48 accidentes, mientras que el Km 15 alcanzó 56, convirtiéndose este último el tramo con mayor número de accidentes dentro del corredor. Esta cifra demuestra que el área presenta un

comportamiento crítico y requiere atención inmediata, ya que en apenas unos cientos de metros se concentra más de la mitad de los accidentes de todo el tramo.

### 3.1.7. Tramo crítico

Dentro de los sectores analizados, el tramo comprendido entre el Km 14 y el Km 15.5 se identifica como el más crítico del corredor, concentrando 97 accidentes durante el período de estudio. Esto lo convierte en un tramo de alta peligrosidad que requiere atención prioritaria.

**Tabla 7 Accidentes por tramo y año**

| Año                                                                                  | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
| 13+000 - 14+000                                                                      | 16   | 12   | 12   | 18   | 25   |
| 14+000 -15+500                                                                       | 20   | 15   | 18   | 23   | 21   |
| De los 97 Accidentes ocurridos en el km 14 a km 15.5 - 56 ocurrieron en km 15 a 15.5 |      |      |      |      |      |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes con base en datos de la Policía Nacional (2019, 2023).

Las principales causas de los accidentes en este kilómetro están directamente relacionadas con errores humanos. Entre ellas destacan:

- No guardar distancia entre vehículos.
- Invasión de carril contrario.
- Giros indebidos.
- Conducción en estado de ebriedad.
- Imprudencia peatonal.

Considerando la cantidad de accidentes, la variedad de causas y la reiteración de comportamientos imprudentes, en el tramo 14 al Km 15.5 se consolida como el tramo más peligroso de todo el corredor. Por esa razón, debería ser objeto de acciones correctivas inmediatas, como:

- Mejorar la señalización horizontal y vertical.

- Implementar controles policiales más frecuentes, especialmente en horarios nocturnos.
- Desarrollar campañas de sensibilización enfocadas en el uso del celular y la conducción en estado de ebriedad.
- Analizar posibles ajustes geométricos o la creación de carriles de espera para giros.

En conclusión, el tramo comprendido entre el kilómetro 14 y el kilómetro 15.5, particularmente en el entorno del kilómetro 15, concentra el mayor número de accidentes registrados en la Carretera Vieja a León. Los resultados obtenidos evidencian que la principal causa de los accidentes está relacionada con el comportamiento de los conductores; sin embargo, las deficiencias físicas y geométricas de la vía contribuyen a incrementar la peligrosidad del sector.

- Accidentes tramo 15 durante el levantamiento para nuestro inventario vial.

**Figura 9 Accidente de rastra en curva cerrada del km 15 – Maniobra de rescate con grúa**



**Fuente:** Tomada por Sustentantes.

**Figura 10 Extracción del vehículo pesado accidentado en el km 15 mediante doble grúa**



**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

**Figura 11 Vista del sector crítico en el km 15, donde la rastra impactó la barrera metálica de seguridad**



**Fuente:** Tomada por Sustentantes

### 3.1.8. Índices de accidentalidad con respecto a la longitud

#### 3.1.8.1. Índice de accidentalidad con respecto al kilometraje de viaje: $I_K^A$

Considerando el tramo en análisis, se realizará el cálculo de índice de accidentes por año con respecto al kilometraje de viaje. Habiendo definido esto, se realizará el cálculo del número de vehículos-kilómetros de viajes para los 2.5 km del tramo en análisis.

- **Para el año 2019**

No. De accidentes en el año: 33

TPDA: 5915

$$VK = (5915 \text{ veh/día})(2500 \text{ m})$$

$$VK = 14\,787\,500,00$$

$$I_K^A = \frac{33 * 1,000,000}{14\,787\,500,00}$$

$$I_K^A = 2,23$$

- **Para el año 2020**

No. De accidentes en el año: 27

TPDA: 6151

$$VK = (6151 \text{ veh/día})(2500 \text{ m})$$

$$VK = 15\,377\,500,00$$

$$I_K^A = \frac{27 * 1,000,000}{15\,377\,500,00}$$

$$I_K^A = 1,76$$

- **Para el año 2021**

No. De accidentes en el año: 30

TPDA: 6552

$$VK = (6552 \text{ veh/día})(2500 \text{ m})$$

$$VK = 16\,380\,000,00$$

$$I_K^A = \frac{30 * 1,000,000}{16\,380\,000,00}$$

$$I_K^A = 1,83$$

- **Para el año 2022**

No. De accidentes en el año: 41

TPDA: 6979

$$VK = (6979 \text{ veh/día})(2500 \text{ m})$$

$$VK = 17\,447\,500,00$$

$$I_K^A = \frac{41 * 1,000,000}{17\,447\,500,00}$$

$$I_K^A = 2,35$$

- **Para el año 2023**

No. De accidentes en el año: 49

TPDA: 7328

$$VK = (7328 \text{ veh/día})(2500 \text{ m})$$

$$VK = 18\,320\,000,00$$

$$I_K^A = \frac{49 * 1,000,000}{18\,320\,000,00}$$

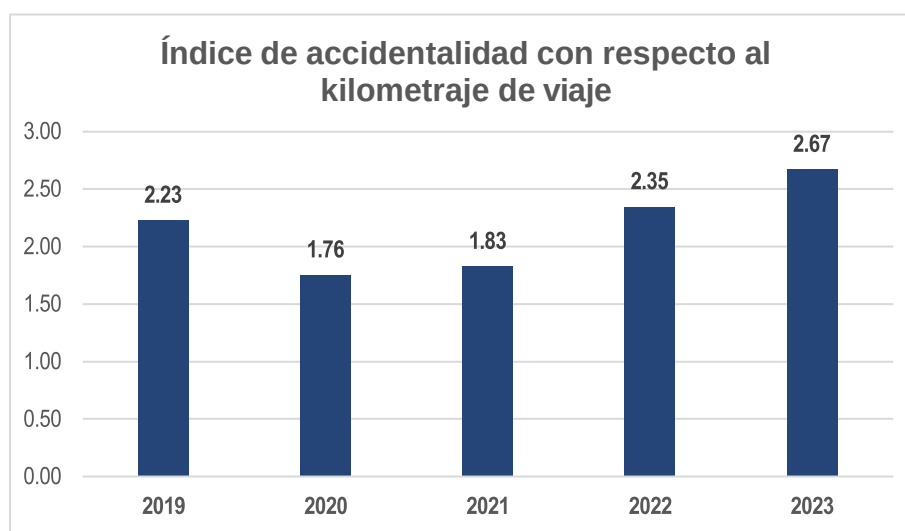
$$I_K^A = 2,67$$

**Tabla 8 Cálculo de índice de accidentes por kilometraje.**

| <b>Año</b> | <b>TPDA</b> | <b>VK</b>     | <b>No. De Accidentes</b> | <b>I<sub>A/K</sub></b> |
|------------|-------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| 2019       | 5915        | 14.787.500,00 | 33                       | 2,23                   |
| 2020       | 6151        | 15.377.500,00 | 27                       | 1,76                   |
| 2021       | 6552        | 16.380.000,00 | 30                       | 1,83                   |
| 2022       | 6979        | 17.447.500,00 | 41                       | 2,35                   |
| 2023       | 7328        | 18.320.000,00 | 49                       | 2,67                   |

**Fuente:** Elaborada por Sustainantes

**Figura 12 Índice de accidentalidad con respecto al kilometraje de viaje**



**Fuente:** Elaborada por sustentantes

La Tabla 8 presenta el cálculo del índice de accidentalidad correspondiente a los años 2019 al 2023, empleando los valores de TPDA obtenidos a partir de los datos del Anuario de Aforos de Tráfico y las proyecciones realizadas para cada periodo. Se observa que el número de accidentes ha mostrado una tendencia creciente, lo que repercute directamente en el aumento del índice anual.

Durante el año 2019, el índice registrado fue de 2.23 accidentes por millón de vehículos-kilómetro de viaje, mientras que en 2020 disminuyó a 1.76, mostrando una leve mejora en la seguridad vial. Sin embargo, en los años siguientes se aprecia un incremento

progresivo, alcanzando 1.83 en 2021, 2.35 en 2022 y finalmente 2.67 en 2023, lo que evidencia un aumento sostenido del riesgo de accidentalidad en el tramo evaluado.

Este comportamiento refleja una situación preocupante, ya que el incremento del flujo vehicular y la falta de medidas de mitigación adecuadas podrían estar influyendo directamente en la ocurrencia de siniestros. Por tanto, es necesario implementar estrategias de control y prevención que contribuyan a reducir los accidentes y mejorar las condiciones de seguridad vial en la zona de estudio.

### **3.1.9. Índice con respecto a la población (P)**

#### **3.1.9.1. Índice de accidentabilidad**

- **Para el año 2019**

No. De accidentes en el año: 33

No. De Habitantes: 9 360

$$I_{A/P} = \frac{33 \times 100,000}{9,360}$$

$$I_{A/P} = 352.56$$

- **Para el año 2020**

No. De accidentes en el año: 27

No. De Habitantes: 9 497

$$I_{A/P} = \frac{27 \times 100,000}{9,497}$$

$$I_{A/P} = 284.30$$

- **Para el año 2021**

No. De accidentes en el año: 30

No. De Habitantes: 9 666

$$I_{A/P} = \frac{30 \times 100,000}{9,666}$$

$$I_{A/P} = 310.37$$

- **Para el año 2022**

No. De accidentes en el año: 41

No. De Habitantes: 9 836

$$I_{A/P} = \frac{41 \times 100,000}{9,836}$$

$$I_{A/P} = 416.84$$

- **Para el año 2023**

No. De accidentes en el año: 49

No. De Habitantes: 10 343

$$I_{A/P} = \frac{49 \times 100,000}{10,343}$$

$$I_{A/P} = 473.75$$

El índice de accidentes por población evidencia una alta incidencia de siniestros viales en el área de estudio durante el período 2019–2023. En todos los años analizados, los valores obtenidos son elevados, destacándose que en la mayoría de los casos superan los 300 accidentes por cada 100 000 habitantes, lo cual resulta significativo considerando el tamaño poblacional relativamente reducido del sector.

En el año 2019, el índice alcanzó 352.56 accidentes por cada 100 000 habitantes, reflejando una situación de riesgo considerable. Para 2020, se observa una disminución del índice a 284.30, lo que puede asociarse a una reducción en la movilidad vehicular durante ese período. Sin embargo, a partir de 2021 el índice vuelve a incrementarse hasta 310.37, marcando el inicio de una tendencia ascendente.

Durante 2022 y 2023, el aumento se vuelve más marcado, registrándose valores de 416.84 y 473.75 accidentes por cada 100 000 habitantes, respectivamente. Este comportamiento indica un deterioro progresivo de la seguridad vial, donde el crecimiento del número de accidentes es mayor que el aumento de la población, incrementando así el riesgo de siniestros para los habitantes del área de estudio.

En conjunto, los resultados permiten concluir que el tramo analizado presenta una problemática persistente de accidentabilidad, con una evolución desfavorable en los últimos años del período evaluado, lo que justifica la necesidad de implementar medidas de mejora en la gestión del tránsito y la seguridad vial.

### **3.1.9.2. Índice de mortalidad**

Considerando el tramo en análisis, se realizará el cálculo del índice de mortalidad anual, tomando como referencia el número de personas fallecidas en el período de estudio.

- **Para el año 2019**

No se reportaron fallecidos

- **Para el año 2020**

No. Fallecidos: 2

No. De Habitantes: 9 497

$$I_{mort/P} = \frac{2 \times 100,000}{9497}$$

$$I_{mort/P} = 21.06$$

- **Para el año 2021**

No se reportaron fallecidos

- **Para el año 2022**

No. Fallecidos: 1

No. De Habitantes: 9 836

$$I_{mort/P} = \frac{1 \times 100,000}{9836}$$

$$I_{mort/P} = 10.17$$

- **Para el año 2023**

No. Fallecidos: 1

No. De Habitantes: 10 343

$$I_{mort/P} = \frac{1 \times 100,000}{10343}$$

$$I_{mort/P} = 9.67$$

Considerando el tramo en análisis, se realizará el cálculo del índice de morbilidad, tomando como referencia el número de personas lesionadas registradas durante el período de estudio. Este indicador permitirá evaluar la magnitud de los accidentes viales en términos de afectaciones a la salud, relacionando la cantidad de lesionados con la longitud del tramo y los años evaluados, con el fin de determinar el nivel de riesgo existente en la zona.

### **3.1.9.2. Índice de morbilidad**

Considerando el tramo en análisis, se realizará el cálculo del índice de morbilidad, tomando como referencia el número de personas lesionadas registradas durante el período de estudio. Este indicador permitirá evaluar la magnitud de los accidentes viales en términos de afectaciones a la salud, relacionando la cantidad de lesionados con la longitud del tramo y los años evaluados, con el fin de determinar el nivel de riesgo existente en la zona.

- **Para el año 2019**

No. De lesionados: 7

No. De habitantes: 9360

$$I_{morb/P} = \frac{7 \times 100,000}{9360}$$

$$I_{morb/P} = 74.79$$

- **Para el año 2020**

No. De lesionados: 12

No. De habitantes: 9497

$$I_{morb/P} = \frac{12 \times 100,000}{9497}$$

$$I_{morb/P} = 126.36$$

- **Para el año 2021**

No. De lesionados: 4

No. De habitantes: 9666

$$I_{morb/P} = \frac{4 \times 100,000}{9666}$$

$$I_{morb/P} = 41.38$$

- **Para el año 2022**

No. De lesionados: 8

No. De habitantes: 9836

$$I_{morb/P} = \frac{8 \times 100,000}{9836}$$

$$I_{morb/P} = 81.33$$

- **Para el año 2023**

No. De lesionados: 17

No. De habitantes: 10343

$$I_{morb/P} = \frac{17 \times 100,000}{10343}$$

$$I_{\frac{morb}{P}} = 164.36$$

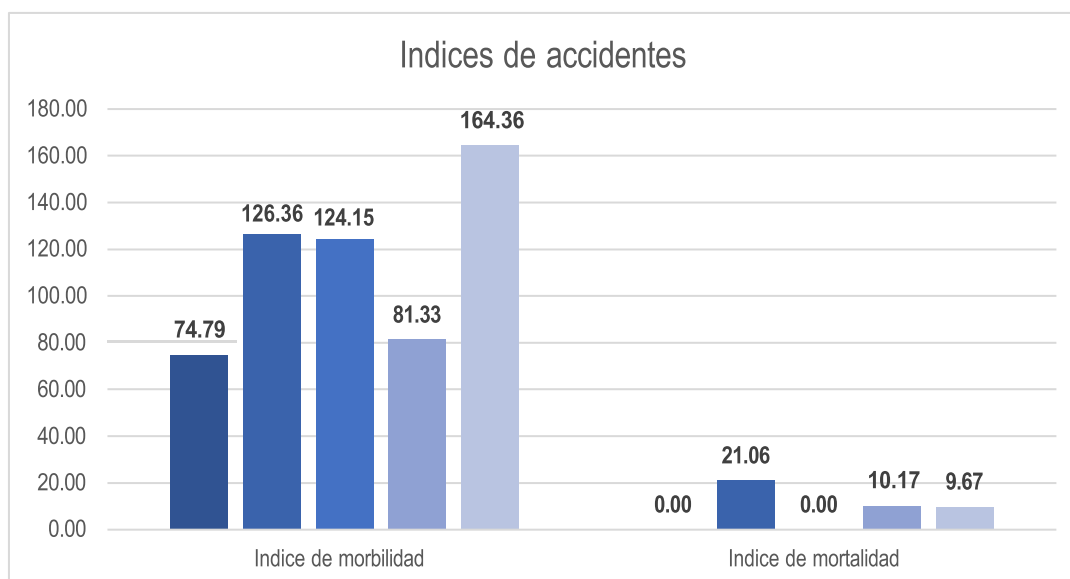
Con los resultados de los índices de accidentalidad y morbilidad se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 9 Cálculo de índice de morbilidad y mortalidad con respecto a la población.**

| Año  | No. de habitantes | No. de lesionados | No. de muertos | Indice de morbilidad | Indice de mortalidad |
|------|-------------------|-------------------|----------------|----------------------|----------------------|
| 2019 | 9.360,00          | 7                 |                | 74.79                | 0.00                 |
| 2020 | 9.497,00          | 12                | 2              | 126.36               | 21.06                |
| 2021 | 9.666,00          | 4                 |                | 41.38                | 0.00                 |
| 2022 | 9.836,00          | 8                 | 1              | 81.33                | 10.17                |
| 2023 | 10.343,00         | 17                | 1              | 164.36               | 9.67                 |

Fuente: Elaborada por sustentantes

**Figura 13 Índice de mortalidad y morbilidad con respecto a la población.**



Fuente: Elaborada por sustentantes

La Tabla 9 presenta el cálculo de los índices de morbilidad y mortalidad por accidentes de tránsito en el período comprendido entre los años 2019 y 2023, permitiendo evaluar el impacto de los accidentes viales sobre la población del área de estudio.

En relación con el índice de morbilidad, se observa que este presenta variaciones significativas a lo largo del período analizado. En el año 2019, el índice fue de 74.79, aumentando notablemente en 2020 hasta alcanzar 126.36, lo que refleja un incremento

en el número de personas lesionadas por cada 100 000 habitantes. Posteriormente, en 2021, el índice disminuye de manera considerable hasta 41.38, evidenciando una reducción en los accidentes con personas lesionadas. Para 2022, se registra nuevamente un incremento a 81.33; sin embargo, en 2023 el índice vuelve a aumentar de forma marcada hasta 164.36, constituyéndose como el valor más alto del período, lo que indica un aumento considerable en la cantidad de lesionados producto de accidentes de tránsito.

Respecto al índice de mortalidad, esta muestra valores bajos durante la mayor parte del período, registrándose ausencia de fallecimientos en los años 2019 y 2021. No obstante, en 2020, 2022 y 2023 se presentan índices de 21.06, 10.17 y 9.67, respectivamente, lo que evidencia la ocurrencia de muertes asociadas a accidentes de tránsito, aunque en una proporción menor en comparación con los casos de lesiones.

En términos generales, los resultados reflejan que, si bien la mortalidad por accidentes de tránsito es relativamente baja, la morbilidad presenta un comportamiento variable con una tendencia creciente en los últimos años, lo cual representa una problemática relevante para la seguridad vial del área de estudio. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de implementar medidas preventivas y correctivas orientadas a reducir tanto la frecuencia como la gravedad de los accidentes.

### **3.1.10. Índice con respecto al parque vehicular**

#### **3.1.10.1. Índice de accidentabilidad**

- **Para el año 2019**

No. De accidentes en el año: 33

No. De Vehículos: 5 915

$$I_{A/V} = \frac{33 \times 10,000}{5,915}$$

$$I_{A/V} = 55.79$$

- **Para el año 2020**

No. De accidentes en el año: 27

No. De Vehículos: 6 151

$$I_{A/V} = \frac{27 \times 10,000}{6,151}$$

$$I_{A/V} = 43.89$$

- **Para el año 2021**

No. De accidentes en el año: 30

No. De Vehículos: 6 552

$$I_{A/V} = \frac{30 \times 10,000}{6,552}$$

$$I_{A/V} = 45.78$$

- **Para el año 2022**

No. De accidentes en el año: 41

No. De Vehículos: 6 979

$$I_{A/V} = \frac{41 \times 10,000}{6,979}$$

$$I_{A/V} = 58.74$$

- **Para el año 2023**

No. De accidentes en el año: 49

No. De Vehículos: 7 328

$$I_{A/V} = \frac{49 \times 10,000}{7,328}$$

$$I_{A/V} = 66.87$$

### 3.1.10.2. Índice de mortalidad

- **Para el año 2019**

No se reportaron fallecidos

- **Para el año 2020**

No. Fallecidos: 2

No. De Vehículos: 6 151

$$I_{mort/V} = \frac{2 \times 10,000}{6151}$$

$$I_{mort/V} = 3.25$$

- **Para el año 2021**

No se reportaron fallecidos

- **Para el año 2022**

No. Fallecidos: 1

No. De Vehículos: 6 979

$$I_{mort/V} = \frac{1 \times 10,000}{6979}$$

$$I_{mort/V} = 1.43$$

- **Para el año 2023**

No. Fallecidos: 1

No. De Vehículos: 6 979

$$I_{mort/V} = \frac{1 \times 10,000}{7328}$$

$$I_{mort/V} = 1.36$$

### **3.1.9.2. Índice de morbilidad**

- **Para el año 2019**

No. De lesionados: 7

No. De Vehículos: 5 915

$$I_{morb/V} = \frac{7 \times 10,000}{5915}$$

$$I_{morb/V} = 11.83$$

- **Para el año 2020**

No. De lesionados: 12

No. De Vehículos: 6 151

$$I_{morb/V} = \frac{12 \times 10,000}{6151}$$

$$I_{morb/V} = 19.50$$

- **Para el año 2021**

No. De lesionados: 4

No. De Vehículos: 6 552

$$I_{morb/V} = \frac{4 \times 10,000}{6552}$$

$$I_{morb/V} = 6.11$$

- **Para el año 2022**

No. De lesionados: 8

No. De Vehículos: 6 979

$$I_{morb/V} = \frac{8 \times 10,000}{6979}$$

$$I_{morb/V} = 11.46$$

- **Para el año 2023**

No. De lesionados: 17

No. De Vehículos: 7 328

$$I_{morb/V} = \frac{17 \times 10,000}{7328}$$

$$I_{morb/V} = 23.19$$

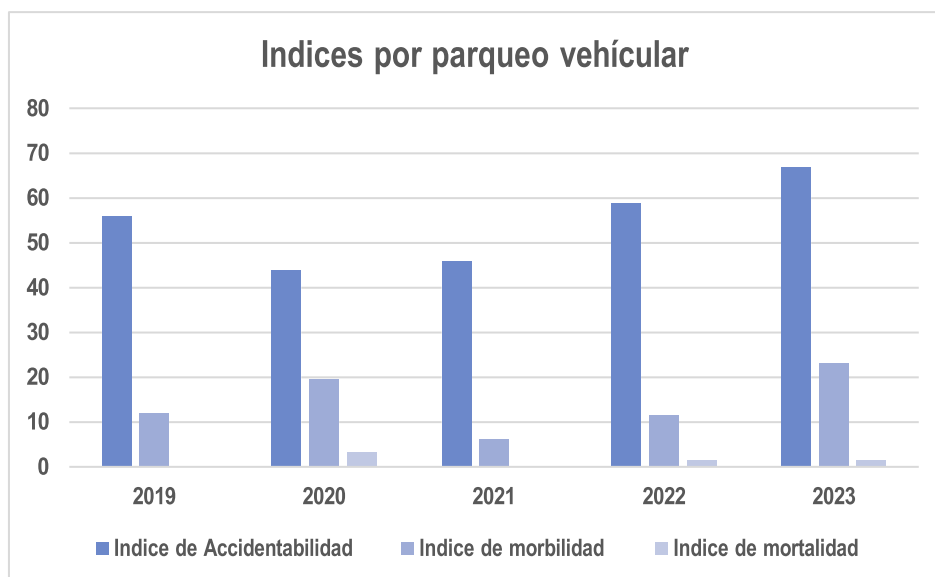
Con los resultados de los índices de accidentalidad, mortalidad y morbilidad se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 10 Cálculo de índice de accidentalidad, morbilidad y mortalidad con respecto al índice vehicular.**

| Año  | No. de Vehículos | No. de Lesionados | No. de Muertos | Indice de Accidentalidad | Indice de Morbilidad | Indice de Mortalidad |
|------|------------------|-------------------|----------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
| 2019 | 5.915,00         | 7                 |                | 55,79                    | 11,83                | 0,00                 |
| 2020 | 6.151,00         | 12                | 2              | 43,89                    | 19,50                | 3,25                 |
| 2021 | 6.552,00         | 4                 |                | 45,78                    | 6,11                 | 0,00                 |
| 2022 | 6.979,00         | 8                 | 1              | 58,74                    | 11,46                | 1,43                 |
| 2023 | 7.328,00         | 17                | 1              | 66,87                    | 23,19                | 1,36                 |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes

**Figura 14 Índice de accidentalidad, mortalidad y morbilidad con respecto al parqueo vehicular**



**Fuente:** Elaborada por sustentantes

La Tabla 10 presenta el cálculo de los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad en relación con el parque vehicular del área de estudio para el período comprendido entre los años 2019 y 2023, permitiendo analizar el comportamiento de los accidentes de tránsito en función del número de vehículos registrados.

En cuanto al índice de accidentalidad, se observa un incremento progresivo a lo largo del período analizado. En 2019, el índice fue de 55.79, disminuyendo levemente en 2020 a 43.89. Posteriormente, en 2021 se registra un nuevo aumento hasta 45.78, continuando esta tendencia ascendente en 2022, con un valor de 58.74. Finalmente, en 2023 el índice alcanza 66.87, constituyéndose como el valor más alto del período, lo que indica un aumento en la frecuencia de accidentes en relación con el crecimiento del parque vehicular.

Respecto al índice de morbilidad, se evidencia un comportamiento variable durante el período de estudio. En 2019, el valor registrado fue de 11.83, incrementándose en 2020 hasta 19.50, lo que refleja un aumento en los accidentes con personas lesionadas por cada unidad de parque vehicular. En 2021, el índice desciende a 6.11, indicando una reducción en la severidad de los accidentes. Sin embargo, en 2022 se observa un nuevo incremento a 11.46, alcanzando su máximo valor en 2023 con 23.19, lo que evidencia un aumento significativo en los accidentes con lesionados en relación con el número de vehículos.

En relación con el índice de mortalidad, los valores obtenidos son bajos durante todo el período analizado. En los años 2019 y 2021 no se registran accidentes fatales. No obstante, en 2020, 2022 y 2023 se presentan valores de 3.25, 1.43 y 1.36, respectivamente, lo que confirma la ocurrencia de accidentes con víctimas mortales, aunque en una proporción reducida respecto al total de vehículos registrados.

En términos generales, los resultados muestran que, pese al crecimiento sostenido del parque vehicular, los índices de accidentalidad y morbilidad presentan una tendencia creciente en los últimos años, especialmente en 2023, lo que evidencia un incremento del riesgo vial por vehículo en el tramo de estudio.

### **3.2. Inventario Vial**

A partir de una inspección visual, se procedió a clasificar todos los recursos destinados al transporte de pasajeros y mercancías, mediante la elaboración de inventarios que registraran la descripción de sus componentes y características principales.

El proceso incluyó la medición del tramo y la inspección visual del estado actual del pavimento, de las obras de drenaje, de los puntos notables y del drenaje menor, así como de la señalización y los dispositivos de control. Su finalidad fue obtener un diagnóstico preciso y detallado de las condiciones de la infraestructura vial.

El inventario vial se efectuó a intervalos de 100 metros a lo largo del tramo en estudio, lo que permitió obtener información detallada sobre el estado de la vía en sus distintas secciones transversales.

### 3.2.1. Clasificación funcional

➤ Por el Tipo de Construcción o Superficie.

Este tramo es considerado del tipo de carretera pavimentada, ya que se encuentra presente en el sistema de carreteras troncales, clasificándose en pavimentos rígidos (concreto hidráulico), que en su mayoría incorporan normas de diseño y drenaje apropiado.

➤ Por su Función.

El tramo en estudio está clasificado como una carretera troncal principal según los registros del anuario de aforos 2020 del Ministerio de Transporte e Infraestructura. (p. 142), el tramo se encuentra entre Auto Hotel Nejapa – Emp. Santa Rita.

### 3.2.2. Datos generales de la vía

Todo el tramo en estudio se encontró pavimentado tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 11 Datos generales de la vía.**

|                                           |                                                                       |                                            |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Tramo:</b>                             | <b>Carretera Vieja a León Km 13<br/>Cmc. Chiquilistagua - Km 15.5</b> | <b>Fecha de Inventario:<br/>17 de mayo</b> |
| <b>Departamento:</b>                      | Managua                                                               | Estación Inicial 13+000                    |
| <b>Municipio</b>                          | Cmc. Chiquilistagua - Managua                                         | Estación Final 15+500                      |
| <b>Ha tenido mantenimiento rutinario:</b> | No                                                                    |                                            |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

### **3.2.3. Características del terreno**

El análisis topográfico del tramo en estudio se efectuó mediante la herramienta Google Earth Pro, trazando la alineación correspondiente y obteniendo el perfil longitudinal del terreno. A partir de dicho perfil, se observa que la morfología del área presenta características propias de una zona montañosa, evidenciándose pendientes naturales que superan el 15%, condición que implica una topografía accidentada y con variaciones significativas en la rasante natural:

**Figura 15 Perfil longitudinal del tramo de estudio.**



**Fuente:** Google Earth Pro.

### 3.2.4. Estado físico de la carpeta de rodamiento

La carretera presenta, en términos generales, buenas condiciones estructurales y superficiales en la carpeta de rodamiento del tramo analizado. No obstante, durante la inspección visual realizada conforme a los criterios establecidos en el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras (edición 2010, capítulo 4, pp. 316–333), se identificaron sectores puntuales con presencia de desprendimientos y baches en el concreto hidráulico, los cuales, aunque no comprometen de manera significativa la transitabilidad, requieren atención preventiva para evitar su progresivo deterioro y preservar las condiciones óptimas de servicio.

Las afectaciones observadas en la superficie del pavimento podrían estar asociadas a diversos factores que inciden directamente en el deterioro del concreto hidráulico. Entre las causas más probables se encuentran la acción combinada del tránsito pesado, que genera esfuerzos repetitivos sobre la losa; la infiltración de agua a través de fisuras o juntas deterioradas, lo cual debilita la base y propicia desprendimientos superficiales; así como la posible falta de mantenimiento preventivo periódico, que favorece la propagación de baches y fisuras menores. Estas condiciones, de no ser atendidas oportunamente, pueden evolucionar hacia fallas estructurales más severas, reduciendo la vida útil del pavimento y afectando la seguridad y comodidad de los usuarios.

**Tabla 12 Observaciones del estado físico de la carpeta de rodamiento.**

| CARPETA DE RODAMIENTO |           |                                           |                                                                                      |
|-----------------------|-----------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación              | Banda     | Condición                                 | Imagen                                                                               |
| 14+345.80             | Izquierda | Presencia de desprendimiento de agregados |  |

| CARPETA DE RODAMIENTO |           |                     |                                                                                     |
|-----------------------|-----------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación              | Banda     | Condición           | Imagen                                                                              |
| 14+789.45             | Centro    | Presencia de bombeo |   |
| 15+014.00             | Derecha   | Presencia de baches |   |
| 15+122.87             | Izquierda | Presencia de bombeo |  |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

### 3.2.5. Calzada y hombro

En el tramo de 2.5 kilómetros comprendido entre el kilómetro 13 y el kilómetro 15.5 de la Carretera Vieja a León, en la Comarca Chiquilistagua, se observa que la calzada está conformada por carriles longitudinales con dimensiones suficientes para la circulación en fila de vehículos.

El ancho observado, de 1.80 m, resulta funcional no solo como área de seguridad para vehículos con desperfectos mecánicos, sino también como un espacio que puede

considerarse equivalente a una ciclovía de un carril por sentido, brindando mejores condiciones de accesibilidad y protección para usuarios vulnerables de la vía.

La medición de la calzada se realizó utilizando una cinta de 30m midiendo transversalmente el ancho de los carriles y el ancho de los hombros presentes en el tramo. Estos resultados se muestran en la tabla siguiente;

**Tabla 13 Medidas en la calzada.**

| EST    | ANCHO CALZADA       | ANCHO DE HOMBRO |               |
|--------|---------------------|-----------------|---------------|
|        | Concreto Hidráulico | Derecho (m)     | Izquierdo (m) |
| 13+000 | 6.6                 | 0.8             | 0.8           |
| 13+100 | 6.6                 | 0.8             | 0.8           |
| 13+200 | 6.6                 | 0.8             | 0.8           |
| 13+300 | 6.6                 | 0.6             | 0.6           |
| 13+400 | 6.6                 | 0.6             | 0.6           |
| 13+500 | 6.6                 | 0.6             | 0.6           |
| 13+600 | 6.6                 | 0.8             | 0.8           |
| 13+700 | 6.6                 | 0.8             | 0.8           |
| 13+800 | 6.6                 | 1               | 1             |
| 13+900 | 6.6                 | 1.5             | 1.2           |
| 14+000 | 6.6                 | 1.5             | 1.2           |
| 14+100 | 6.6                 | 1.2             | 1             |
| 14+200 | 6.6                 | 1               | 1             |
| 14+300 | 6.7                 | 1.2             | 1             |
| 14+400 | 6.8                 | 1               | 1             |
| 14+500 | 6.7                 | 1.5             | 1.5           |
| 14+600 | 6.6                 | 1.5             | 1.5           |
| 14+700 | 6.7                 | 1               | 1             |
| 14+800 | 6.8                 | 0.6             | 0.6           |
| 14+900 | 6.8                 | 0.8             | 0.6           |
| 15+000 | 6.8                 | 1               | 1             |
| 15+100 | 6.8                 | 1               | 1             |
| 15+200 | 6.7                 | 1               | 1             |
| 15+300 | 6.6                 | 0.8             | 0.8           |
| 15+400 | 6.8                 | 0.8             | 0.8           |
| 15+500 | 6.6                 | 0.8             | 0.8           |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes

La Tabla 12 muestra que, a lo largo del tramo analizado, en la mayoría de los casos se cumple con el ancho de calzada establecido en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial (SIECA, 2011, p. 141, cap. 4). Dicho manual establece que el ancho de carril debe ser de 3.30 m, tanto para carreteras rurales como urbanas.

Durante la visita de campo se constató que el tramo presenta hombros con anchos variables. De acuerdo con la normativa, este ancho debe oscilar entre 0.60 y 1.50 metros; sin embargo, se observó que únicamente en algunos sectores se cumple con los valores mínimos y máximos establecidos. Asimismo, se identificaron secciones donde los hombros no se encuentran delimitados.

### 3.2.6. Derecho de vía

**Tabla 14 Derecho de vía del tramo**

| <b>Estación</b> | <b>Banda Derecha<br/>(m)</b> | <b>Banda Izquierda<br/>(m)</b> |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------|
| <b>13+000</b>   | 5.80                         | 5.80                           |
| <b>13+100</b>   | 7.10                         | No definido                    |
| <b>13+200</b>   | 9.60                         | 12.5                           |
| <b>13+300</b>   | 7.29                         | No definido                    |
| <b>13+400</b>   | 7.69                         | 9.04                           |
| <b>13+500</b>   | 13.17                        | 11.75                          |
| <b>13+600</b>   | 5.20                         | 10.60                          |
| <b>13+700</b>   | 11.50                        | 10.80                          |
| <b>13+800</b>   | 11.89                        | 11.65                          |
| <b>13+900</b>   | 9.53                         | 11.82                          |
| <b>14+000</b>   | 9.95                         | 13.33                          |
| <b>14+100</b>   | 6.3                          | No definido                    |
| <b>14+200</b>   | No definido                  | No definido                    |
| <b>14+300</b>   | 9.26                         | No definido                    |
| <b>14+400</b>   | 9.51                         | 9.32                           |
| <b>14+500</b>   | 8.18                         | 12.16                          |
| <b>14+600</b>   | 10.05                        | 9.80                           |
| <b>14+700</b>   | 8.27                         | 9.10                           |
| <b>14+800</b>   | 8.87                         | 8.12                           |
| <b>14+900</b>   | 6.18                         | No definido                    |
| <b>15+000</b>   | 7.31                         | No definido                    |
| <b>15+100</b>   | 8.13                         | No definido                    |

| <b>Estación</b> | <b>Banda Derecha<br/>(m)</b> | <b>Banda Izquierda<br/>(m)</b> |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------|
| <b>15+200</b>   | 17.6                         | No definido                    |
| <b>15+300</b>   | 8.56                         | 4.5                            |
| <b>15+400</b>   | 12.56                        | No definido                    |
| <b>15+500</b>   | 8.45                         | 10.3                           |

**Fuente:** Elaboración por Sustentantes

En el caso de las carreteras troncales principales de dos carriles —característica que corresponde al tramo en estudio—, el documento Red Vial de Nicaragua (2020, p. 25, sección 3.2.1.1) establece que el ancho mínimo del derecho de vía debe ser de 50 metros. Tal como se presenta en la Tabla 13, este requisito no se cumple en el segmento evaluado. Asimismo, se constató que en gran parte del tramo el derecho de vía carece de delimitación formal y, en los sectores donde sí existe, se han identificado construcciones dentro de la franja correspondiente, las cuales han sido declaradas como propiedad privada por sus ocupantes. Esta ocupación indebida restringe el derecho de vía y representa un riesgo significativo, dado que el tramo constituye una vía de acceso a diversas comunidades.

### **3.2.7. Drenaje menor**

En el tramo de 2.5 km comprendido entre el km 13 y el km 15.5 de la Carretera Vieja a León, en la Comarca Chiquilistagua, se llevó a cabo la observación de las cunetas existentes como parte del inventario vial. Estas estructuras cumplen una función esencial en el drenaje superficial, ya que permiten evacuar las aguas pluviales y proteger tanto la calzada como los taludes. Durante la inspección se registró su estado actual, considerando aspectos como la conservación de la sección transversal, la presencia de obstrucciones y los niveles de erosión. Con base en estas condiciones se estableció una clasificación que refleja el grado de funcionalidad y mantenimiento de las cunetas en el tramo estudiado.

**Tabla 15 Características físicas del drenaje menor.**

| Estado                | Características                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Buen estado</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sección transversal definida y continua.</li> <li>- Permite el libre escurrimiento de aguas superficiales.</li> <li>- Sin obstrucciones por sedimentos, basura o vegetación.</li> <li>- Bordes estables, sin erosión.</li> </ul>            |
| <b>Estado Regular</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sección parcialmente deteriorada o con pérdida de continuidad.</li> <li>- Presencia de sedimentos, desechos o vegetación que dificultan el flujo de agua.</li> <li>- Bordes con erosión leve.</li> <li>- Requiere mantenimiento</li> </ul>  |
| <b>Mal estado</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sección muy deteriorada o inexistente en tramos.</li> <li>- Obstrucciones severas que impiden el escurrimiento, generando encharcamientos.</li> <li>- Colapsos parciales o totales de bordes.</li> <li>- Necesita rehabilitación</li> </ul> |

**Fuente:** Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (2020)

En la siguiente tabla, se describe el estado actual de las cunetas que se encuentran a lo largo del tramo, clasificándolos en tres estados mencionados anteriormente.

**Tabla 16 Inventario drenaje menor**

| DRENAJE MENOR |           |          |       |                                      |                                                                                      |
|---------------|-----------|----------|-------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación (km) |           | Long (m) | Banda | Estado                               | Imagen                                                                               |
| 13+310.49     | 13+464.50 | 154.01   | Der   | Bueno (sección transversal definida) |  |

| DRENAJE MENOR |           |          |       |                                                                            |                                                                                      |
|---------------|-----------|----------|-------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación (km) |           | Long (m) | Banda | Estado                                                                     | Imagen                                                                               |
| 13+471.00     | 13+585.18 | 114.18   | Dere  | Malo<br>(Necesita rehabilitación, obstrucciones severas)                   |    |
| 13+323.86     | 13+571.28 | 247.42   | Izq   | Bueno<br>(Permite el libre escurrimiento de aguas superficiales)           |    |
| 13+591.98     | 13+612.65 | 20.67    | Izq   | Bueno (Sin obstrucciones por sedimentos, basura o vegetación)              |   |
| 13+622.46     | 13+638.77 | 16.31    | Izq   | Regular<br>(Sección parcialmente deteriorada o con pérdida de continuidad) |  |

| DRENAJE MENOR |           |          |       |                                                                  |                                                                                      |
|---------------|-----------|----------|-------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación (km) |           | Long (m) | Banda | Estado                                                           | Imagen                                                                               |
| 13+638.77     | 13+656.15 | 17.38    | lzq   | Bueno<br>(Bordes estables, sin erosión)                          |    |
| 13+945.02     | 14+103.55 | 158.53   | lzq   | Bueno<br>(Permite el libre escurrimiento de aguas superficiales) |    |
| 14+113.83     | 14+195.14 | 81.31    | lzq   | Regular<br>(Bordes con erosión leve requiere mantenimiento)      |   |
| 14+222.68     | 14+291.30 | 68.62    | lzq   | Bueno<br>(Sección transversal definida y continua)               |  |

| DRENAJE MENOR |           |          |       |                                                                  |                                                                                     |
|---------------|-----------|----------|-------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación (km) |           | Long (m) | Banda | Estado                                                           | Imagen                                                                              |
| 14+327.87     | 14+673.64 | 345.77   | Izq   | Bueno<br>(Permite el libre escurrimiento de aguas superficiales) |   |
| 14+733.80     | 14+938.94 | 205.14   | Der   | Bueno<br>(Bordes estables, sin erosión)                          |  |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

Las cunetas existentes en el tramo de estudio, se identificaron 8 en buen estado, las cuales presentan continuidad, limpieza y capacidad adecuada para evacuar las aguas pluviales. Asimismo, se registraron 2 en estado regular, con presencia parcial de sedimentos o pequeños desprendimientos que limitan su funcionalidad, y 1 tramo en mal estado, donde se observan daños estructurales y obstrucción significativa del cauce. Este diagnóstico evidencia la necesidad de ejecutar labores de limpieza y rehabilitación en los sectores afectados para mantener el adecuado drenaje superficial y prevenir daños al pavimento.

**Figura 15 Porcentaje de cunetas según su estado**



**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

### **3.2.8. Señalización**

En el inventario realizado sobre el tramo de 2.5 km comprendido entre el km 13 y el km 15.5 de la Carretera Vieja a León, se pudo verificar la señalización y los dispositivos de control instalados a lo largo de la vía. Este registro permitió identificar si la infraestructura existente responde a criterios de funcionalidad y suficiencia, considerando tanto las condiciones topográficas y geométricas del camino como la variedad de señales verticales, marcas viales y demás elementos de control presentes. A partir de estas observaciones, fue posible valorar el estado actual de cada dispositivo y determinar aquellos casos en los que resulta necesario un rediseño o reubicación, con el fin de garantizar mayor seguridad de la comarca y eficiencia en la circulación.

#### **3.2.8.1. Señalización vertical**

En el tramo se identificaron diversas señales verticales colocadas a nivel de la vía. Estas transmiten mensajes claros a los conductores y peatones, ya sea para recordar las disposiciones de tránsito vigentes o para advertir sobre condiciones de riesgo en la

carretera y su entorno inmediato. Su presencia constituye un elemento fundamental de seguridad vial, ya que orienta el comportamiento de los usuarios y contribuye a reducir la probabilidad de accidentes en un sector con tránsito mixto de vehículos y peatones.

El estado de las señales se clasificará conforme a lo establecido en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2000), específicamente en la sección 500, página 291, que detalla los indicadores de estado de la señalización vial. Esta evaluación considerará si las señales se conservan en condiciones completas. Asimismo, el código correspondiente a la señalización vial vertical existente se describirá según las directrices del mencionado manual. Para facilitar la identificación del estado de las señales verticales, se empleará la tabla siguiente como guía de referencia.

**Tabla 17 Condición de las señales verticales.**

| <b>Condición</b> | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                       |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Buena</b>     | Cumplen con lo estipulado en el Manual centroamericano de Dispositivo de Control de Tránsito, SIECA 2000, medidas, ubicación, mensaje legible y capa reflectora intacta. |
| <b>Regular</b>   | Manchadas, pero no obstruye el mensaje y pintura desprendida de los laterales                                                                                            |
| <b>Mala</b>      | Mala visibilidad, oxidadas, manchadas, decoloración, capa reflectora desprendida o incluso caídas sobre la vía                                                           |

**Fuente:** Manual Centroamericano de Dispositivos de Control de Tránsito, SIECA 2000

**Tabla 18 Inventario de señales verticales**

| SEÑALIZACIÓN VERTICAL |           |        |               |       |                                                       | Imagen                                                                               |
|-----------------------|-----------|--------|---------------|-------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Nº                    | Estación  | Código | Descripción   | Banda | Estado                                                |                                                                                      |
| 1                     | 13+160.00 | P-9-4  | paso peatonal | Der   | Buena<br>(dimensión estándar, cumple con las medidas) |   |
| 2                     | 13+180.00 | P-12-2 | tablero       | Izq   | Malo<br>(dimensión estándar, cumple con las medidas)  |  |

|   |           |       |                    |     |                                                                |                                                                                       |
|---|-----------|-------|--------------------|-----|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | 13+492.00 | E-1-1 | zona escolar       | Der | Buena<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas) |    |
| 4 | 13+564.34 | E-3-1 | escuela<br>(25KPH) | Der | Buena<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas) |   |
| 5 | 13+734.50 | E-1-1 | zona escolar       | Der | Buena<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas) |  |

|   |           |        |                       |     |                                                                |                                                                                       |
|---|-----------|--------|-----------------------|-----|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | 13+817.44 | E-3-1  | escuela<br>(25KPH)    | Der | Buena<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas) |    |
| 7 | 13+850.96 | P-10-6 | salida de<br>camiones | Der | Buena<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas) |   |
| 8 | 13+908.80 | E-3-1  | escuela<br>(25KPH)    | Izq | Buena<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas) |  |

|    |           |       |              |     |                                                                  |                                                                                       |
|----|-----------|-------|--------------|-----|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | 13+943.93 | R-2-1 | 60 KPH       | Der | Regular<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas) |    |
| 10 | 13+977.15 | E-1-1 | zona escolar | Izq | Buena<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas)   |   |
| 11 | 14+005.87 | R-2-1 | 60 KPH       | Der | Regular<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas) |  |

|    |           |        |                         |     |                                                                                  |                                                                                       |
|----|-----------|--------|-------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | 14+007.25 | E-1-1  | zona escolar<br>(100 m) | lzq | Regular<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas)                 |    |
| 13 | 14+017.41 | P-10-6 | salida de<br>camiones   | lzq | Buena<br>(dimensión<br>estándar, 76 cm<br>x 76 cm,<br>cumple con las<br>medidas) |   |
| 14 | 14+032.80 | E-3-1  | escuela<br>(25KPH)      | lzq | Buena<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas)                   |  |

|    |           |       |                   |     |                                                      |                                                                                       |
|----|-----------|-------|-------------------|-----|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 | 14+264.20 | P-1-2 | Curva pronunciada | Der | Buena (dimensión estándar, cumple con las medidas)   |    |
| 16 | 14+720.66 | P-1-5 | Camino sinuoso    | Der | Buena (dimensión estándar, cumple con las medidas)   |   |
| 17 | 14+726.38 | P-9-4 | paso peatonal     | Der | Regular (dimensión estándar, cumple con las medidas) |  |

|    |           |       |                      |     |                                                                |                                                                                       |
|----|-----------|-------|----------------------|-----|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 18 | 14+860.50 | P-1-9 | curva<br>pronunciada | Izq | Buena<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas) |    |
| 19 | 14+866.50 | P-1-9 | paso<br>peatonal     | Izq | Buena<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas) |   |
| 20 | 14+882.20 | P-1-9 | curva<br>pronunciada | Izq | Buena<br>(dimensión<br>estándar,<br>cumple con las<br>medidas) |  |

|    |           |       |                   |     |                                                      |                                                                                       |
|----|-----------|-------|-------------------|-----|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 21 | 14+915.10 | P-1-9 | curva pronunciada | Izq | Buena (dimensión estándar, cumple con las medidas)   |    |
| 22 | 14+935.21 | P-1-9 | curva pronunciada | Izq | Regular (dimensión estándar, cumple con las medidas) |   |
| 23 | 14+956.10 | P-1-9 | curva pronunciada | Izq | Buena (dimensión estándar, cumple con las medidas)   |  |

|    |           |         |                   |     |                                                          |                                                                                       |
|----|-----------|---------|-------------------|-----|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 24 | 14+978.45 | P-1-9   | curva pronunciada | Izq | Buena<br>(dimensión estándar,<br>cumple con las medidas) |    |
| 25 | 14+998.78 | P-1-9   | curva pronunciada | Izq | Mala<br>(dimensión estándar,<br>cumple con las medidas)  |   |
| 26 | 15+000.00 | II-1-3a | NIC-12            | Izq | Mala<br>(dimensión estándar,<br>cumple con las medidas)  |  |

|    |           |       |                   |     |                                                         |                                                                                       |
|----|-----------|-------|-------------------|-----|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 27 | 15+017.23 | P-1-9 | curva pronunciada | Izq | Buena<br>(dimensión estándar, cumple con las medidas)   |    |
| 28 | 15+109.43 | P-1-9 | curva pronunciada | Der | Buena<br>(dimensión estándar, cumple con las medidas)   |   |
| 29 | 15+120.08 | P-1-9 | curva pronunciada | Der | Regular<br>(dimensión estándar, cumple con las medidas) |  |

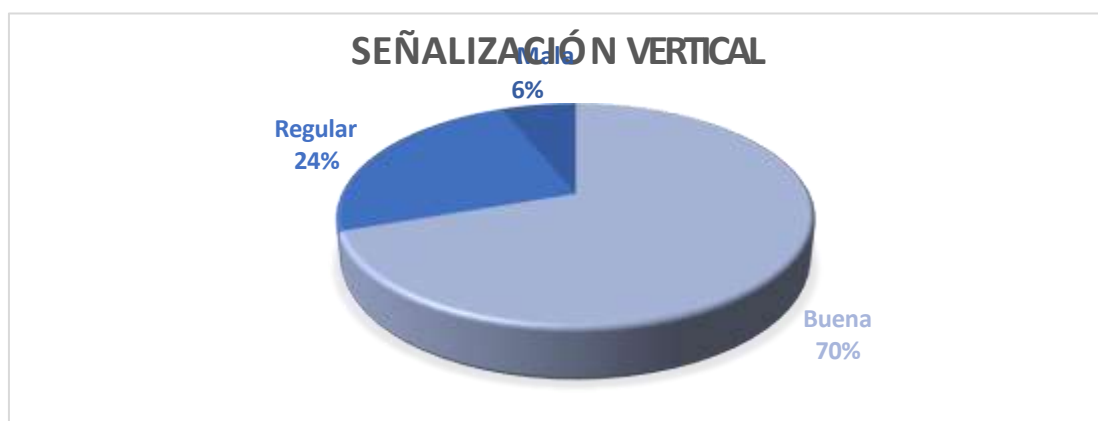
|    |           |       |                   |     |                                                         |                                                                                       |
|----|-----------|-------|-------------------|-----|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 30 | 15+131.61 | P-1-9 | curva pronunciada | Der | Buena<br>(dimensión estándar, cumple con las medidas)   |    |
| 31 | 15+142.56 | P-1-9 | curva pronunciada | Der | Regular<br>(dimensión estándar, cumple con las medidas) |   |
| 32 | 15+288.77 | P-1-9 | curva pronunciada | Izq | Buena<br>(dimensión estándar, cumple con las medidas)   |  |

|    |           |       |                   |     |                                                    |                                                                                     |
|----|-----------|-------|-------------------|-----|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 33 | 15+301.54 | P-1-9 | curva pronunciada | lzq | Buena (dimensión estándar, cumple con las medidas) |  |
|----|-----------|-------|-------------------|-----|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

La figura 18 ilustra la condición de las señalizaciones verticales presentes en el tramo de estudio, evidenciando que 23 se encuentran en buen estado, 7 en estado regular y 3 en mal estado. En general, la mayoría de las señales conservan una adecuada visibilidad y legibilidad, aunque se recomienda realizar mantenimiento en aquellas que presentan deterioro para garantizar la seguridad vial del tramo.

**Figura 16 Señales verticales**



**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

### 3.2.8.2. Señalización horizontal

En el tramo comprendido entre el km 13 y el km 15.5 de la Carretera Vieja a León se observaron distintas señales horizontales o marcas en el pavimento, conformadas por

líneas, símbolos y en algunos casos vialetas adheridas a la superficie de rodamiento. Estas cumplen la función de guiar y canalizar la circulación de los vehículos, además de brindar orientación a los peatones de la comarca.

**Tabla 19 Condición de las señales horizontales.**

| Condición      | Descripción                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Buena</b>   | Presentan buena visibilidad diurna y nocturna, pintura uniforme, color definido, espesor adecuado y material reflectante intacto. Las marcas son claramente perceptibles y cumplen con su función de guiar y advertir al conductor.                 |
| <b>Regular</b> | Muestran desgaste parcial, pérdida moderada de color o reflectancia, aunque las marcas siguen siendo visibles. Se observan sectores con pintura deteriorada o leve desprendimiento, sin afectar significativamente la comprensión del mensaje vial. |
| <b>Mala</b>    | Marcas con alta pérdida de visibilidad, reflectancia y color. Presentan discontinuidades, manchas o acumulación de material que dificulta su percepción. En algunos tramos están casi borradas o ausentes, requiriendo repintado total.             |

**Fuente:** Manual Centroamericano de Dispositivos de Control de Tránsito, SIECA 2000

**Tabla 20 Inventario de señalización horizontal.**

| SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL |                 |                      |       |      |         |                                                                                      |
|-------------------------|-----------------|----------------------|-------|------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                      | Estación        | Descripción          | Banda |      | Estado  | Imagen                                                                               |
|                         |                 |                      | Izq   | Dcha |         |                                                                                      |
| 1                       | 13+000 - 15+500 | Línea doble continua |       |      | Regular |  |
| 2                       | 13+150.45       | De frente            | 1     |      | Mala    |  |

| SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL |           |                  |       |      |         |                                                                                      |
|-------------------------|-----------|------------------|-------|------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                      | Estación  | Descripción      | Banda |      | Estado  | Imagen                                                                               |
|                         |           |                  | Izq   | Dcha |         |                                                                                      |
| 3                       | 13+165.50 | Doblar derecha   |       | 1    | Mala    |    |
| 4                       | 13+226.80 | Paso peatonal    |       |      | Mala    |    |
| 5                       | 13+236.98 | Doblar Izquierda | 1     |      | Mala    |   |
| 6                       | 13+562.05 | ESCUELA          |       | 1    | Regular |  |
| 7                       | 13+650.53 | Doblar derecha   |       | 1    | Mala    |  |

| SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL |           |                  |       |      |         |                                                                                      |
|-------------------------|-----------|------------------|-------|------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                      | Estación  | Descripción      | Banda |      | Estado  | Imagen                                                                               |
|                         |           |                  | Izq   | Dcha |         |                                                                                      |
| 8                       | 13+650.53 | De frente        | 1     |      | Mala    |    |
| 9                       | 13+654.78 | Doblar Izquierda | 1     |      | Mala    |    |
| 10                      | 13+739.78 | Paso peatonal    |       |      | Regular |   |
| 11                      | 13+943.51 | Doblar derecha   |       | 1    | Mala    |  |
| 12                      | 13+943.51 | De frente        | 1     |      | Mala    |  |

| SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL |           |                  |       |      |         |                                                                                      |
|-------------------------|-----------|------------------|-------|------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                      | Estación  | Descripción      | Banda |      | Estado  | Imagen                                                                               |
|                         |           |                  | Izq   | Dcha |         |                                                                                      |
| 13                      | 13+958.89 | ESCUELA          | 1     |      | Regular |    |
| 14                      | 13+973.04 | Doblar Izquierda | 1     |      | Buena   |    |
| 15                      | 14+723.87 | Paso Peatonal    |       |      | Mala    |   |
| 16                      | 14+740.95 | Doblar Derecha   |       | 1    | Buena   |  |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

La Figura 20 muestra el estado actual de las señalizaciones horizontales presentes en el tramo en estudio, donde se registró un total de 16 señales, de las cuales 2 se encuentran en buen estado, 4 en estado regular y 10 presentan deterioro considerable. En términos generales, la mayoría de las señales muestran deficiencias en visibilidad y legibilidad, lo que limita su efectividad para orientar y advertir a los conductores de manera adecuada.

**Figura 17 Porcentaje de señales horizontales según estado**



**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

### **3.2.9. Defensa metálica**

En el levantamiento realizado en el tramo comprendido entre el km 13 y el km 15.5 de la Carretera Vieja a León, correspondiente a 2.5 km de longitud, se evaluó el estado de las defensas metálicas laterales existentes. Se identificó que no todas presentan condiciones óptimas, ya que algunas se encuentran correctamente instaladas y a la altura reglamentaria de  $50\text{ cm} \pm 2\text{ cm}$  sobre el hombro, mientras que otras muestran deterioro en su estructura, deformaciones por impactos o falta de señalización complementaria. También se observaron tramos con defensas ausentes o parcialmente dañadas, lo que disminuye su capacidad de encauzar vehículos fuera de control y representa un riesgo para la seguridad vial en curvas peligrosas y terraplenes elevados.

**Tabla 21 Condiciones de las defensas metálicas**

| Condición      | Descripción                                                                                                                                                                                |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Buena</b>   | Estructura firme, alineada y con tornillería completa. No presenta corrosión ni deformaciones visibles. Cumple adecuadamente su función de contención.                                     |
| <b>Regular</b> | Presenta corrosión superficial, ligeras desviaciones en alineación y tornillería floja en algunos puntos. Mantiene funcionalidad, pero requiere mantenimiento preventivo.                  |
| <b>Mala</b>    | Corrosión avanzada, deformaciones en vigas y postes, uniones sueltas o ausentes. Discontinuidad del sistema y pérdida parcial de capacidad de contención. Requiere intervención inmediata. |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes

**Tabla 22 Inventario defensas metálicas.**

| DEFENSAS METÁLICAS |               |           |              |       |        |                                                                                      |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda | Estado | Imagen                                                                               |
| 1                  | 13+520.80     | 13+531.00 | 10.20        | Izq   | Buena  |  |
| 2                  | 13+554.74     | 13+562.61 | 7.87         | Izq   | Buena  |  |

| DEFENSAS METÁLICAS |               |           |              |       |        |                                                                                      |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda | Estado | Imagen                                                                               |
| 3                  | 13+576.90     | 13+583.40 | 6.50         | Izq   | Buena  |    |
| 4                  | 13+585.98     | 13+592.48 | 6.50         | Izq   | Malia  |    |
| 5                  | 13+650.32     | 13+654.82 | 4.50         | Izq   | Buena  |   |
| 6                  | 13+659.12     | 13+661.52 | 5.40         | Izq   | Buena  |  |

| DEFENSAS METÁLICAS |               |           |              |       |        |                                                                                      |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda | Estado | Imagen                                                                               |
| 7                  | 13+657.88     | 13+663.03 | 5.15         | Izq   | Media  |    |
| 8                  | 13+721.95     | 13+727.75 | 6.80         | Der   | Buena  |    |
| 9                  | 13+753.94     | 13+763.44 | 9.50         | Izq   | Mala   |   |
| 10                 | 13+754.78     | 13+759.06 | 4.28         | Der   | Buena  |  |

| DEFENSAS METÁLICAS |               |           |              |       |        |                                                                                      |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda | Estado | Imagen                                                                               |
| 11                 | 13+998.00     | 14+004.10 | 6.10         | Der   | Mala   |    |
| 12                 | 14+004.00     | 14+011.58 | 7.58         | Der   | Buena  |   |
| 13                 | 14+018.85     | 14+021.90 | 3.65         | Der   | Buena  |  |
| 14                 | 14+034.45     | 14+038.30 | 3.05         | Der   | Buena  |  |

| DEFENSAS METÁLICAS |               |           |              |       |        |                                                                                      |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda | Estado | Imagen                                                                               |
| 15                 | 14+064.53     | 14+067.53 | 3.00         | Der   | Mala   |    |
| 16                 | 14+139.89     | 14+142.80 | 3.00         | Der   | Buena  |    |
| 17                 | 14+146.56     | 14+150.76 | 4.20         | Der   | Buena  |   |
| 18                 | 14+152.35     | 14+157.50 | 5.15         | Der   | Buena  |  |

| DEFENSAS METÁLICAS |               |           |              |       |         |                                                                                      |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda | Estado  | Imagen                                                                               |
| 19                 | 14+183.51     | 14+189.36 | 5.85         | Der   | Buena   |    |
| 20                 | 14+214.44     | 14+220.24 | 5.80         | Der   | Buena   |    |
| 21                 | 14+279.11     | 14+285.34 | 6.23         | Der   | Buena   |   |
| 22                 | 14+287.93     | 14+293.08 | 5.15         | Der   | Regular |  |

| DEFENSAS METÁLICAS |               |           |              |       |        |                                                                                      |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda | Estado | Imagen                                                                               |
| 23                 | 14+295.20     | 14+302.47 | 7.27         | Der   | Mala   |    |
| 24                 | 14+356.47     | 14+363.42 | 6.95         | Der   | Buena  |    |
| 25                 | 14+422.31     | 14+428.76 | 6.45         | Der   | Mala   |   |
| 26                 | 14+431.45     | 14+435.95 | 4.50         | Der   | Mala   |  |

| DEFENSAS METÁLICAS |               |           |              |       |         |                                                                                      |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda | Estado  | Imagen                                                                               |
| 27                 | 14+438.35     | 14+444.50 | 6.15         | Der   | Buena   |    |
| 28                 | 14+445.75     | 14+454.55 | 8.80         | Der   | Regular |    |
| 29                 | 14+501.25     | 14+507.50 | 6.25         | Der   | Mala    |   |
| 30                 | 14+735.03     | 14+740.53 | 6.82         | Der   | Mala    |  |

| DEFENSAS METÁLICAS |               |           |              |       |         |                                                                                      |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda | Estado  | Imagen                                                                               |
| 31                 | 14+927.57     | 14+951.53 | 23.96        | Izq   | Mala    |    |
| 32                 | 15+008.15     | 15+028.35 | 10.20        | Izq   | Mala    |    |
| 33                 | 15+079.92     | 15+104.79 | 24.87        | Izq   | Mala    |  |
| 34                 | 15+144.31     | 15+153.15 | 8.85         | Der   | Regular |  |

| DEFENSAS METÁLICAS |               |           |              |       |         |                                                                                      |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda | Estado  | Imagen                                                                               |
| 35                 | 15+158.50     | 15+167.90 | 9.40         | Der   | Regular |    |
| 36                 | 15+200.50     | 15+212.75 | 12.25        | Izq   | Regular |    |
| 37                 | 15+215.98     | 15+222.50 | 6.52         | Izq   | Regular |   |
| 38                 | 15+350.50     | 15+358.15 | 7.65         | Izq   | Regular |  |

| DEFENSAS METÁLICAS |               |           |              |       |         |                                                                                    |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|
| N°                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda | Estado  | Imagen                                                                             |
| 39                 | 15+401.45     | 15+413.50 | 12.05        | Izq   | Regular |  |
| 40                 | 15+420.48     | 15+440.98 | 20.5         | Izq   | Buena   |  |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

En el tramo evaluado se identificó un total de 40 defensas metálicas, distribuidas en distintos puntos de la vía. Del total, 19 se encuentran en buen estado, conservando su estructura y capacidad de contención sin presentar daños relevantes, 9 defensas fueron clasificadas en estado regular, ya que presentan deformaciones leves, corrosión inicial o impactos menores que, aunque no comprometen de inmediato su funcionamiento, sí ameritan trabajos de mantenimiento preventivo. Finalmente, 12 defensas se encuentran en mal estado, evidenciando daños severos como abolladuras pronunciadas, desprendimientos o pérdida de alineación, condiciones que reducen significativamente su capacidad de contención. Debido a ello, estas últimas requieren intervención correctiva o reemplazo inmediato para restablecer los niveles adecuados de seguridad vial en el tramo.

### 3.2.10. Postes Kilométricos

En el tramo de estudio, los postes kilométricos cumplen una función esencial dentro del sistema de señalización vial, ya que se consideran señales especiales de tránsito por su aporte a la orientación y seguridad de los usuarios. Estos elementos permiten identificar con exactitud la posición a lo largo del recorrido, facilitando la gestión del tráfico, la atención ante emergencias y las labores de mantenimiento o rehabilitación de la vía. Además, contribuyen a una mejor organización del tránsito y ayudan a los conductores a ubicarse con mayor precisión dentro del trayecto.

De acuerdo con el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, los postes kilométricos deben permanecer en su ubicación original, limpios, visibles y en buen estado, asegurando que cumplan su propósito informativo y de seguridad.

En la tabla 23 se detalla el número total de postes existentes en el tramo analizado, así como su estado actual de conservación.

**Tabla 23 Inventario postes kilométricos.**

| POSTES KILOMETRICOS |         |                                                                                      |
|---------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación            | Estado  | Imagen                                                                               |
| 13+000              | Regular |  |

| POSTES KILOMETRICOS |         |                                                                                     |
|---------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación            | Estado  | Imagen                                                                              |
| 14+000              | Regular |   |
| 15+000              | Regular |  |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

### 3.2.11. Postes guías

En el tramo en estudio, los postes guías deben cumplir una función muy importante, ya que se colocan a los lados de la carretera para mejorar la visibilidad del camino, sobre todo durante la noche o en condiciones de poca iluminación. En las curvas, estos elementos ayudan a destacar el trazado de la vía y a generar un efecto visual de

continuidad, lo que permite que los conductores mantengan su trayectoria dentro del carril correcto y eviten maniobras peligrosas.

Sin embargo, al analizar el estado actual del tramo, se observa una notable escasez de postes guías, lo cual resulta preocupante considerando que se trata de una carretera de 2.5 km con presencia de curvas.

La falta de estos dispositivos de orientación puede influir directamente en la ocurrencia de accidentes, ya que los conductores pierden referencias visuales importantes, especialmente en horarios nocturnos o en condiciones de baja visibilidad. Por ello, se considera necesario instalar nuevos postes guías en los sectores donde actualmente no existen, garantizando así una mejor percepción del camino y contribuyendo a la reducción del riesgo vial en el tramo.

**Tabla 24 Inventario postes guías.**

| POSTES GUIAS |           |         |                                                                                      |
|--------------|-----------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación     | Banda     | Estado  | Imagen                                                                               |
| 13+180.00    | Izquierda | Regular |  |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

Dentro del tramo evaluado solo se identificó un (1) poste guía, el cual presenta un estado regular. Su condición se debe al desgaste evidente de la pintura, que ha perdido visibilidad y contraste, lo que disminuye su efectividad como elemento de orientación para los conductores. Aunque la estructura del poste aún se mantiene estable, es necesario

aplicarle mantenimiento para asegurar que cumpla adecuadamente su función dentro del sistema de seguridad vial del sector.

### 3.2.12. Paradas de autobuses

En el tramo comprendido entre el km 13 y el km 15.5, las paradas de autobuses tienen una gran importancia, ya que a lo largo de este sector se ubican comarcas aledañas cuyos habitantes utilizan con frecuencia el transporte público, especialmente durante las horas pico y en horarios escolares.

Estas paradas son puntos clave para los usuarios que se desplazan diariamente hacia sus centros de estudio o trabajo, por lo que su correcta ubicación y buen estado influyen directamente en la seguridad y comodidad de los peatones y pasajeros que transitan por esta vía.

**Tabla 25 Inventario parada de buses**

| PARADA DE BUSES |       |    |       |    |                     |                                                                                      |
|-----------------|-------|----|-------|----|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación        | Bahía |    | Señal |    | Banda               | Imagen                                                                               |
|                 | Si    | No | Si    | No |                     |                                                                                      |
| 13+205.50       |       | X  |       | X  | Izquierda (oficial) |  |
| 13+206.00       | X     |    |       | X  | Derecha (oficial)   |  |

| PARADA DE BUSES |       |    |       |    |                         |                                                                                      |
|-----------------|-------|----|-------|----|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación        | Bahía |    | Señal |    | Banda                   | Imagen                                                                               |
|                 | Si    | No | Si    | No |                         |                                                                                      |
| 13+657.45       |       | X  |       | X  | Derecha<br>(no oficial) |    |
| 13+870.00       | X     |    |       | X  | Izquierda<br>(oficial)  |    |
| 13+950.00       |       | X  |       | X  | Derecha<br>(oficial)    |   |
| 14+212.00       |       | X  |       | X  | Derecha<br>(no oficial) |  |

| PARADA DE BUSES |       |    |       |    |                           |                                                                                      |
|-----------------|-------|----|-------|----|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación        | Bahía |    | Señal |    | Banda                     | Imagen                                                                               |
|                 | Si    | No | Si    | No |                           |                                                                                      |
| 14+215.00       |       | X  |       | X  | Izquierda<br>(no oficial) |    |
| 14+735.00       |       | X  |       | X  | Izquierda<br>(oficial)    |    |
| 14+777.00       |       | X  |       | X  | Derecha<br>(no oficial)   |   |
| 15+041.00       |       | X  |       | X  | Derecha<br>(no oficial)   |  |

| PARADA DE BUSES |       |    |       |    |                     |                                                                                    |
|-----------------|-------|----|-------|----|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Estación        | Bahía |    | Señal |    | Banda               | Imagen                                                                             |
|                 | Si    | No | Si    | No |                     |                                                                                    |
| 15+250.00       | X     |    |       | X  | Derecha (oficial)   |  |
| 15+425.00       |       | X  |       | X  | Izquierda (oficial) |  |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

En el tramo de estudio se identificó la presencia de paradas de autobuses tanto oficiales como no oficiales, las cuales influyen directamente en la dinámica del tránsito. Las paradas oficiales cuentan con ubicación definida y son reconocidas formalmente como puntos de ascenso y descenso, aunque algunas presentan deficiencias en infraestructura y señalización. Por otro lado, se observan paradas no oficiales, utilizadas de manera espontánea por los usuarios y conductores, generando detenciones imprevistas sobre la vía. Esta situación incrementa el riesgo de maniobras bruscas y potenciales conflictos viales, por lo que resulta necesario ordenar y señalizar adecuadamente estos puntos para mejorar la seguridad y fluidez del tránsito.

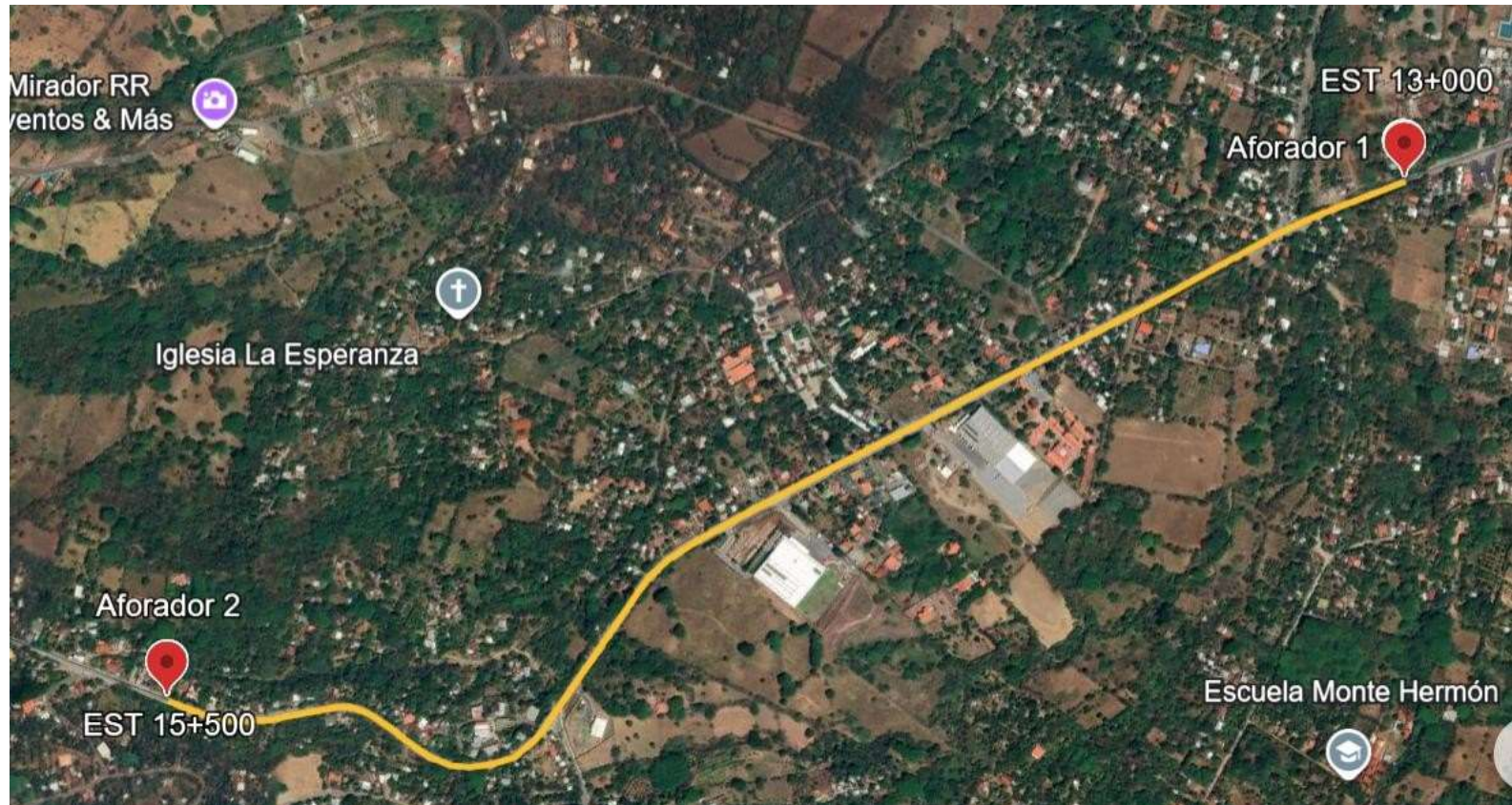
### **3.3. Estudio de tránsito**

El estudio de tránsito se define como el análisis técnico del movimiento de vehículos y peatones sobre la infraestructura vial, con el fin de entender cómo interactúan en un espacio determinado. Este análisis no solo se limita a contar cuántos vehículos pasan por un punto, sino que busca examinar el comportamiento del flujo vehicular, identificar los puntos críticos de congestión y proponer soluciones que mejoren la movilidad.

#### **3.3.1. Puntos de aforo**

El tramo en estudio conecta los municipios de Managua y Villa el Carmen, haciendo un análisis del tramo donde se encontró la intersección y entrada a la comunidad Chiquilistagua y Cuajachillo que representa una variación en el tránsito que circula en la zona, es por ello que se definieron 2 puntos de aforo, 1 al inicio del tramo en la estación 13+000 y al final del tramo en la estación 15+500.

**Figura 18 Puntos de aforo del tramo**



**Fuente:** Google Earth Pro.

### **3.3.2. Levantamiento de datos**

En el tramo comprendido entre el km 13 y el km 15.5 de la Carretera Vieja a León se realizaron aforos vehiculares manuales con el objetivo de cuantificar y clasificar el flujo de tránsito. Para ello se ubicó personal de apoyo en puntos estratégicos de la vía, quienes registraron de manera continua y ordenada la circulación de vehículos durante un período de doce horas, abarcando de 6:00 a.m. a 6:00 p.m. El procedimiento consistió en contabilizar cada unidad que transitaba en ambos sentidos, diferenciando su categoría (livianos, pesados, motocicletas, buses, entre otros), con lo cual se obtuvo la distribución horaria del tráfico y la variación de la demanda a lo largo del día.

Los aforos se realizaron de manera manual entre las 6:00 am hasta las 6:00 pm durante tres días, para la clasificación de los vehículos de dicho conteo se utilizó la tabla de tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico de la oficina de diagnóstico, evaluación de pavimento y puente según Anuario de Aforos de Tráfico (MTI, 2020), pág.28.

### **3.3.3. Volúmenes y clasificación**

El conteo vehicular se realizó durante 3 días en dos puntos diferentes en el tramo, en la EST 13+000 y en la EST 15+500, con la finalidad de obtener el tránsito promedio diario (TPDi), conocer la composición vehicular en cada uno de los puntos y analizar las horas de máxima demanda en cada punto. A continuación, se presenta el resumen del aforo realizado por cada estación, iniciando por la EST 13+000.

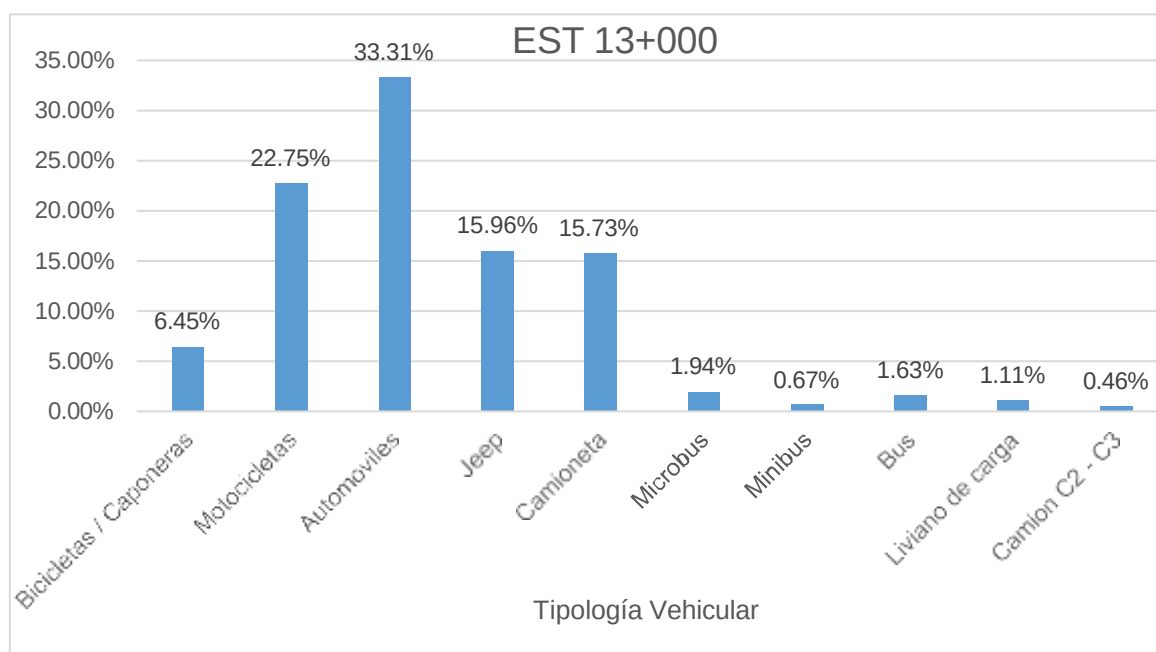
**Tabla 26 Tránsito promedio diurno en la estación 13+000**

| Días             | Vehículos Livianos     |              |             |       |           | Autobuses    |         |      | Camiones         |                | Total      |
|------------------|------------------------|--------------|-------------|-------|-----------|--------------|---------|------|------------------|----------------|------------|
|                  | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep  | Camioneta | Microbús     | Minibús | Bus  | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |            |
| <b>Martes</b>    | 117                    | 345          | 527         | 253   | 228       | 32           | 13      | 24   | 27               | 10             | 1576       |
| <b>Miércoles</b> | 105                    | 392          | 557         | 264   | 294       | 27           | 13      | 30   | 10               | 7              | 1699       |
| <b>Jueves</b>    | 87                     | 353          | 512         | 248   | 232       | 34           | 6       | 24   | 16               | 5              | 1517       |
| <b>TPDi</b>      | 103                    | 363          | 532         | 255   | 251       | 31           | 11      | 26   | 18               | 7              | 1597       |
| <b>% TPDi</b>    | 6.45                   | 22.75        | 33.31       | 15.96 | 15.73     | 1.94         | 0.67    | 1.63 | 1.11             | 0.46           | <b>100</b> |
| <b>%</b>         | <b>94.20%</b>          |              |             |       |           | <b>5.80%</b> |         |      |                  |                |            |

**Fuente:** Elaborado por sustentantes

El análisis de la tabla refleja que en el tramo evaluado predomina el tránsito de vehículos livianos, principalmente motocicletas y automóviles, además de jeeps y camionetas, los cuales concentran el **94.20 %** del volumen vehicular. Por su parte, los vehículos pesados entre los que se incluyen microbuses, autobuses, unidades de carga liviana y camiones clasificados en las categorías C2 y C3 que representan únicamente el **5.80 %** del flujo total. Esta distribución evidencia una marcada prevalencia de tránsito liviano sobre el pesado, condición que resulta determinante en la caracterización de la demanda vehicular y en la definición de parámetros de diseño y seguridad vial.

**Figura 19 Composición vehicular estación 13+000**



**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

La figura 19 presenta la composición vehicular registrada en la estación de aforo **13+000**. En este punto, se observa una marcada predominancia de vehículos livianos, frente a los vehículos pesados. Lo anterior permite inferir que el flujo vehicular en la zona responde principalmente a desplazamientos provenientes de comunidades aledañas, cuyos usuarios se dirigen hacia el centro de la capital para realizar actividades laborales, educativas o de abastecimiento. Este comportamiento resulta particularmente relevante desde la perspectiva de la seguridad vial, dado que la elevada presencia de motocicletas y automóviles incrementa la exposición al riesgo, sobre todo en la interacción con vehículos de mayor capacidad. Los resultados se encuentran detallados en la Tabla 23 Tránsito promedio diurno en la EST 13+000 de aforo vehicular.

La siguiente tabla presenta un resumen de los datos obtenidos en la segunda estación de aforo, localizada en el punto **15+500**, correspondiente al final del tramo en estudio. Esta estación se encuentra en una zona de acceso hacia diversas comunidades rurales, entre ellas la comunidad de Monte Verde, lo que permite caracterizar de manera más precisa la dinámica vehicular proveniente de dichos sectores.

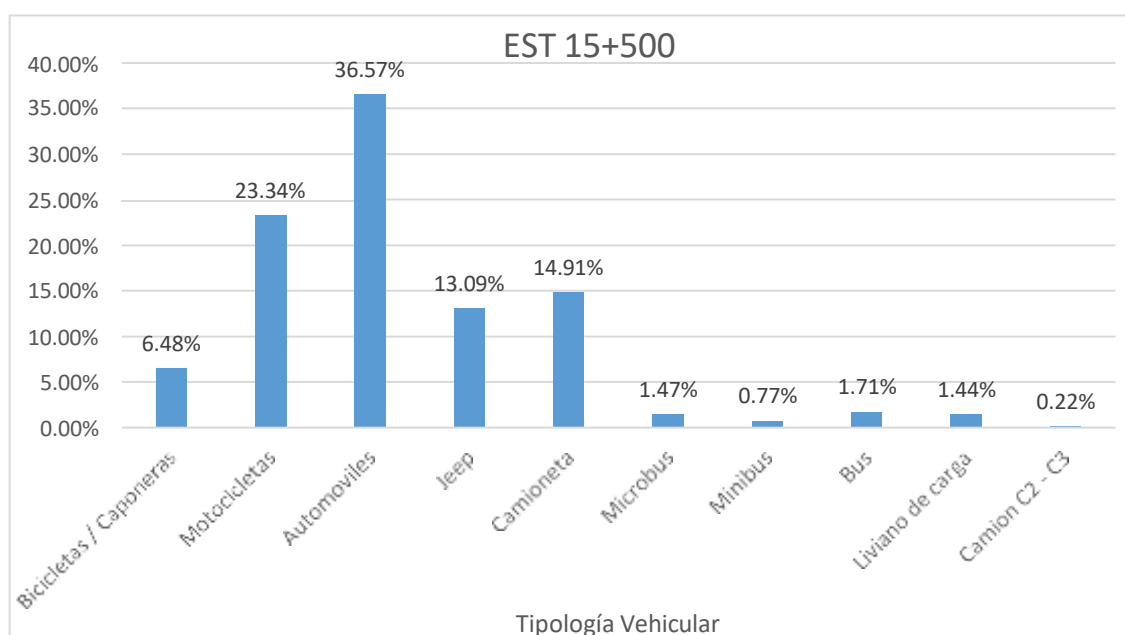
**Tabla 27 Tránsito promedio diurno en la estación 15+500**

| Días             | Vehículos Livianos     |              |             |            |            | Autobuses    |           |           | Camiones         |                | Total       |
|------------------|------------------------|--------------|-------------|------------|------------|--------------|-----------|-----------|------------------|----------------|-------------|
|                  | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep       | Camioneta  | Microbús     | Minibús   | Bus       | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |             |
| <b>Martes</b>    | <b>143</b>             | <b>488</b>   | <b>717</b>  | <b>239</b> | <b>247</b> | <b>22</b>    | <b>10</b> | <b>30</b> | <b>37</b>        | <b>3</b>       | <b>1936</b> |
| <b>Miércoles</b> | 105                    | 395          | 645         | 222        | 296        | 35           | 15        | 36        | 21               | 5              | 1775        |
| <b>Jueves</b>    | 101                    | 395          | 623         | 253        | 264        | 23           | 16        | 27        | 20               | 4              | 1726        |
| <b>TPDi</b>      | 116                    | 426          | 662         | 238        | 269        | 27           | 14        | 31        | 26               | 4              | 1812        |
| <b>% TPDi</b>    | 6.42                   | 23.51        | 36.51       | 13.13      | 14.84      | 1.47         | 0.75      | 1.71      | 1.43             | 0.22           | <b>100</b>  |
| <b>%</b>         | <b>94.41%</b>          |              |             |            |            | <b>5.59%</b> |           |           |                  |                |             |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

El procesamiento de la información correspondiente al **segundo punto de aforo**, ubicado en la **EST 15+500**, permite identificar que la circulación vehicular está dominada por unidades livianas, destacándose las motocicletas, automóviles, jeeps y camionetas, que conforman la mayor parte del tránsito registrado con un **94.41%**. En contraste, la participación de los vehículos pesados, tales como microbuses, autobuses, camiones de carga liviana y camiones tipo C2 y C3, resulta significativamente menor dentro del total observado con un **5.59%**. Este comportamiento confirma la tendencia hacia un predominio del transporte liviano en la zona, lo cual constituye un aspecto clave para comprender la dinámica de movilidad y los niveles de exposición al riesgo vial en el tramo evaluado.

**Figura 20 Composición vehicular estación 15+500**



**Fuente:** Elaborada por Sustentantes

El análisis de la **EST 15+500** refleja que la distribución del tránsito mantiene una tendencia muy similar a la observada en el primer punto de aforo EST 13+000, sin presentarse diferencias relevantes en los volúmenes registrados ni en la participación relativa de los distintos tipos de transporte. Este comportamiento confirma la homogeneidad del flujo vehicular a lo largo del tramo, lo que indica que la vía funciona como un corredor estable de movilidad para los usuarios provenientes de comunidades aledañas, quienes utilizan este acceso de manera continua en sus desplazamientos hacia la capital. Tal patrón permite inferir que el tramo evaluado cumple un rol fundamental en la conexión entre la periferia y la ciudad, consolidándose como un eje de tránsito recurrente y predecible.

### **3.3.4. Horas de máxima demanda en las estaciones de aforo**

La determinación de la variación del volumen vehicular durante las horas de máxima demanda constituye un aspecto fundamental para cuantificar la intensidad y duración de los flujos pico, con el fin de establecer estrategias adecuadas de control y regulación del tránsito en dichos periodos.

Cabe señalar que el volumen horario de máxima demanda no implica necesariamente un flujo uniforme a lo largo de toda la hora, sino que dentro de dicho intervalo se generan lapsos de corta duración en los que la tasa de circulación supera el promedio horario. Este fenómeno se representa mediante el Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD), asociado al flujo máximo instantáneo ( $q_{max}$ ) registrado dentro del periodo crítico. Matemáticamente, el FHMD permite establecer la relación entre el flujo máximo en un intervalo reducido y el volumen promedio de la hora en análisis, constituyéndose como un parámetro esencial en el dimensionamiento y evaluación de la capacidad vial;

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las horas de máxima demanda identificadas en cada estación de aforo. Dichos valores reflejan variaciones atribuibles a las condiciones particulares que caracterizan a cada punto de control, lo cual se relaciona directamente con los patrones de circulación propios de la zona y con la presencia predominante de ciertos tipos de vehículos en determinados intervalos horarios (ver anexos, páginas I–XVIII). Esta diferenciación permite comprender de manera más precisa el comportamiento del tránsito en función del contexto local de cada estación.

**Tabla 28 Volumen de máxima demanda para cada estación.**

| Hora de máxima demanda   | Vehículos       |                 |
|--------------------------|-----------------|-----------------|
|                          | Estación 13+000 | Estación 15+500 |
| 5:00 - 6:00 pm miércoles | 255             |                 |
| 7:00 – 8:00 am martes    |                 | 247             |

**Fuente:** Elaborado por Sustentantes.

El volumen vehicular constituye un elemento esencial en la planeación y operación del tránsito, ya que permite dimensionar la capacidad y definir estrategias de regulación. Conocer las variaciones periódicas que se producen durante las horas de máxima demanda resulta indispensable para identificar los momentos de mayor exigencia sobre la infraestructura vial. En este sentido, la tabla 28 presentada constituye una representación del volumen de máxima demanda registrado en las

distintas horas del día durante las jornadas de conteo vehicular, proporcionando un insumo clave para el análisis de la dinámica del flujo en el tramo evaluado.

El FHMD, Matemáticamente, para períodos de 15 minutos, su mínimo valor es 0.25, indicando que el volumen máximo de la hora está concentrado en un solo período de 15 minutos, lo que representaría una situación anormal, provocada quizás por bloqueos de tránsito en los demás períodos. (Rafael Cal y Mayor R. James Cardenas, 2018).

En la siguiente tabla se presentan las horas de mayor demanda vehicular correspondientes a la estación 13+000, ubicada en el inicio del tramo en estudio.

**Tabla 29 Tasas de flujos máximos Estación 13+000, día miércoles.**

| Hora                     | Vehículos EST<br>13+000 |
|--------------------------|-------------------------|
| 5:00 pm - 5:15 pm        | 52                      |
| 5:15 pm - 5:30 pm        | 58                      |
| 5:30 pm - 5:45 pm        | 66                      |
| <b>5:45 pm - 6:00 pm</b> | <b>79</b>               |
| <b>Total</b>             | <b>255</b>              |

**Fuente:** Elaborada por Sustainantes

Se calculará el factor horario de máxima demanda:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max})}$$

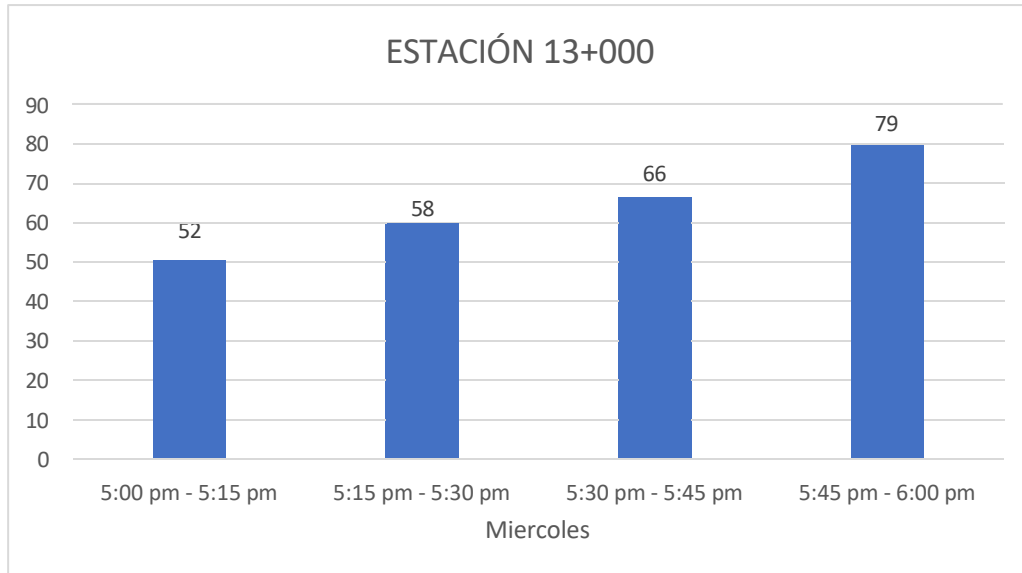
$$FHMD = \frac{255}{4(79)}$$

$$FHMD = 0.81$$

Se obtuvo un Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD) de **0.81**, valor que, por su proximidad a la unidad, indica una distribución prácticamente uniforme del tránsito dentro de la hora de máxima demanda. Mientras más cercano se encuentre este indicador al valor de uno, más estable y constante resulta el flujo vehicular. En este caso, dicha condición se asocia a la función de la vía como corredor principal de entrada y salida hacia la comarca Chiquilistagua, lo que

favorece un patrón de circulación sostenido durante los periodos de mayor demanda.

**Figura 21 Hora de máxima demanda para la primera estación**



**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

En la siguiente tabla se presenta la hora de máxima demanda correspondiente al segundo punto de aforo, ubicado en la EST 15+500, donde se aprecia una ligera variación respecto al comportamiento registrado en la primera estación.

**Tabla 30 Tasas de flujos máximos, Estación 15+500 día martes.**

| Hora              | Vehículos EST 15+500 |
|-------------------|----------------------|
| 7:00 am - 7:15 am | 71                   |
| 7:15 am - 7:30 am | 58                   |
| 7:30 am - 7:45 am | 64                   |
| 7:45 am - 8:00 am | 54                   |
| <b>Total</b>      | <b>247</b>           |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes

Se calculará el factor horario de máxima demanda:

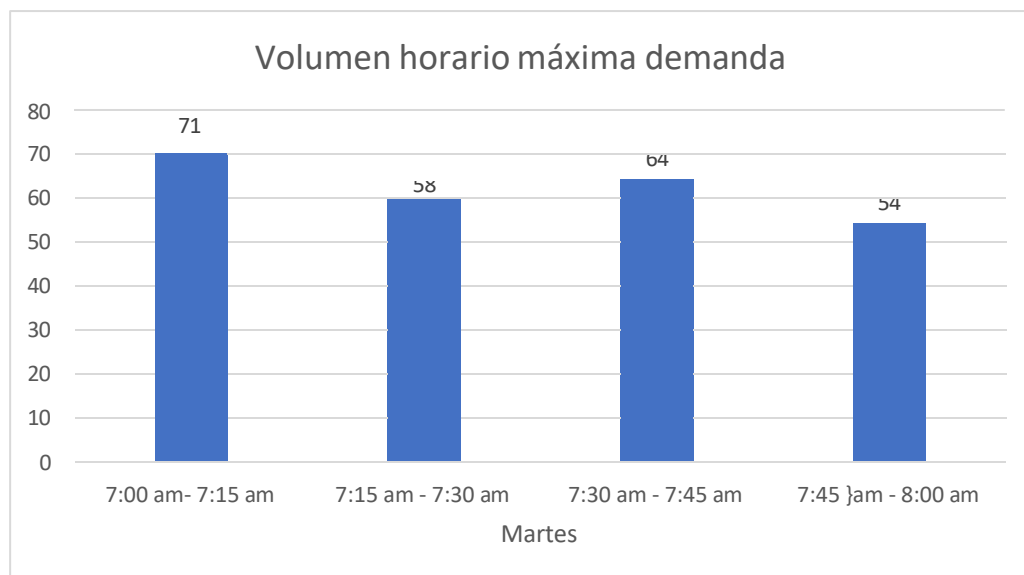
$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max})}$$

$$FHMD = \frac{247}{4 (71)}$$

$$FHMD = 0.87$$

Un factor horario de máxima demanda de 0.87 representa que el flujo vehicular dentro de la hora de máxima demanda se vuelve uniforme, si FHMD se aleja un poco de la unidad representa variaciones del tránsito en los cuatro periodos de 15 minutos en que esta divide la hora, llegando a generar bloqueos en el tráfico provocado por uno de los periodos.

**Figura 22 Hora máxima demanda para la segunda estación**



**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

Con la obtención del factor de hora de máxima demanda se pueden analizar las características de la forma en la que fluye el tráfico en los periodos de 15 minutos y la forma en la que están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora.

**Tabla 31 Resumen del día crítico.**

| Estación | 13+000            | 15+500            |
|----------|-------------------|-------------------|
| HMD      | 5:45 pm - 6:00 pm | 7:00 am - 7:15 am |
| VHMD     | 255               | 247               |
| FHMD     | 0.81              | 0.87              |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

A través de este análisis es posible comprender el comportamiento del tránsito vehicular, utilizando para ello la aplicación de fórmulas matemáticas que permiten describir la manera en que se desarrolla la circulación y, en consecuencia, evaluar su nivel de eficiencia y funcionalidad.

### **3.4. Estudio de velocidad**

En el tramo en estudio, la velocidad constituye un elemento clave para comprender el comportamiento del tránsito y evaluar tanto la calidad del servicio de transporte como el desempeño de la infraestructura vial. Analizarla permite no solo medir la relación espacio-tiempo de los desplazamientos, sino también identificar cómo perciben los conductores la comodidad, eficiencia y seguridad de su recorrido.

#### **3.4.1. Puntos para la recolección de información a lo largo del tramo**

Los puntos de recolección de datos fueron 2 estaciones: 13+100 y 14+800 se seleccionaron 2 puntos distintos, dado que se evaluaría el comportamiento de los conductores en distintas situaciones de la carretera a como lo son una recta (estación 13+100), una curva (estación 14+800). Cada uno de estos cumplían con los requisitos para poder realizar el estudio: un tramo recto, sin intersecciones y respectiva señalización de velocidad.

#### **3.4.2. Método empleado para la realización del estudio de velocidad (distancia entre 2 puntos)**

Para la medición de velocidades se aplicó el método de distancia entre dos puntos. Se delimitaron dos marcas visibles sobre la superficie de rodamiento, utilizando herramientas que garantizaran precisión en la separación entre ambas, de manera que fueran claramente identificables para el observador al momento de registrar los tiempos. Una vez establecidas las marcas, el observador se ubicó en un punto estratégico que permitiera una buena visibilidad del tramo. El cronómetro se activaba cuando las ruedas delanteras del vehículo pasaban por la primera marca y se detenía al cruzar la segunda.

Los datos obtenidos se registraron en una tabla donde se clasificaron los vehículos observados. La velocidad se calculó dividiendo la distancia de 100 metros entre el tiempo registrado, obteniendo un valor en metros por segundo, el cual posteriormente fue convertido a kilómetros por hora. Con estos valores fue posible analizar si los vehículos respetaban o excedían los límites de velocidad establecidos para el tramo.

La muestra del estudio se definió con base en las recomendaciones del Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, que sugiere realizar este tipo de mediciones en horas de baja demanda vehicular. Por ello, la toma de datos se efectuó entre las 2:00 p.m. y las 4:00 p.m., periodo en el cual se registraron las observaciones detalladas en la tabla 31 donde se presentan los resultados clasificados según el cumplimiento o incumplimiento de los límites de velocidad permitidos.

### 3.4.3. Resumen de tablas de estudio de velocidad

**Tabla 32 Estudio de velocidad en el tramo.**

| Estación      | Velocidad permitida | Excede | No excede | Total | Excede % | No excede % |
|---------------|---------------------|--------|-----------|-------|----------|-------------|
| <b>13+100</b> | 60 kph              | 70     | 31        | 101   | 69.31%   | 30.69%      |
| <b>14+800</b> | 60 kph              | 38     | 26        | 64    | 59.38%   | 40.63%      |
| <b>Total</b>  |                     | 108    | 57        | 165   | 65.45%   | 34.55%      |

**Fuente:** Elaborado por sustentantes

Para que este análisis sea preciso, especialmente en el levantamiento de datos de campo, es fundamental seguir criterios estadísticos rigurosos. Según Cal y Mayor y Cárdenas (2018, p. 192), en su obra publicada por la editorial Alfaomega, el tamaño de la muestra en los estudios de velocidad debe determinarse mediante un enfoque estadístico que garantice representatividad, considerando un número suficiente de observaciones que permita estimar los percentiles de velocidad con precisión. Los autores recomiendan que, bajo ninguna circunstancia, la muestra sea menor a 30 vehículos, asegurando así la validez de los resultados obtenidos.

**Figura 23 Vehículos que sobrepasan o no el límite de velocidad**



**Fuente:** Elaborada por sustentantes

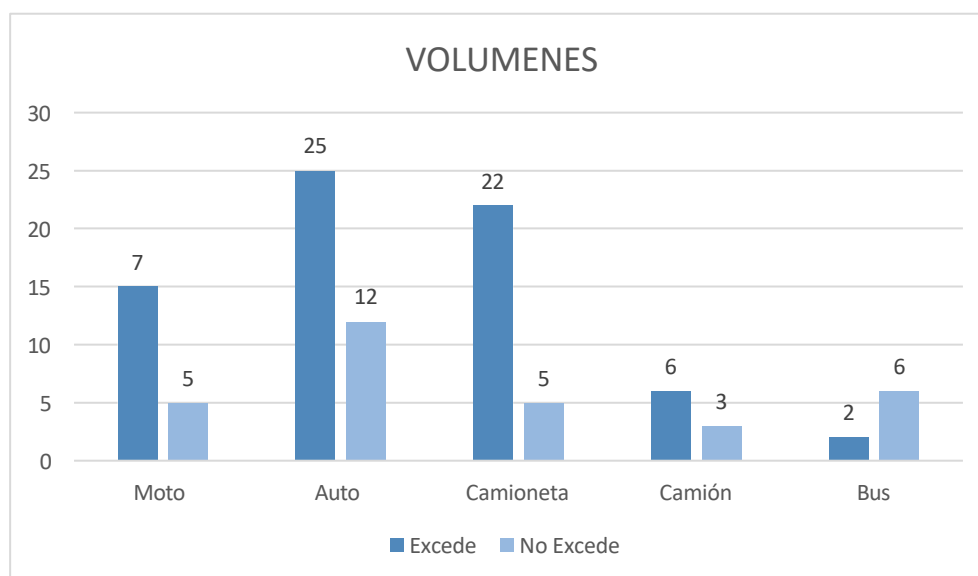
En este análisis se determinó que el 65% de los vehículos registrados superan los límites de velocidad permitidos, reflejando una conducta riesgosa por parte de una mayoría de conductores. Por otra parte, se observa que el 35% de los vehículos cumplen con los límites establecidos, ocupando la minoría proporción del gráfico. Este resultado evidencia un nivel preocupante de irresponsabilidad y falta de conciencia vial por parte de algunos conductores, quienes continúan circulando a velocidades superiores a las permitidas, poniendo en riesgo su seguridad y la de los demás usuarios de la carretera.

**Tabla 33 Vehículos que superan o no el límite de velocidad, EST 13+100 sentido Managua – León.**

| Velocidad máxima 60 kph |           |           |               |               |                     |            |
|-------------------------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------------|------------|
| Tipo                    | Excede    | No Excede | % Excede      | % No excede   | Vel. Promedio (kph) | Total      |
| Moto                    | 15        | 5         | 75.00%        | 25.00%        | 65.59               | 20         |
| Auto                    | 25        | 12        | 67.57%        | 32.43%        | 68.59               | 37         |
| Camioneta               | 22        | 5         | 81.48%        | 18.52%        | 72.97               | 27         |
| Camión                  | 6         | 3         | 66.67%        | 33.33%        | 64.29               | 9          |
| Bus                     | 2         | 6         | 25.00%        | 75.00%        | 59.92               | 8          |
| <b>Total:</b>           | <b>70</b> | <b>31</b> | <b>69.31%</b> | <b>30.69%</b> |                     | <b>101</b> |

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Figura 24 Vehículos que superan o no el límite de velocidad, EST 13+100  
sentido Managua - León**



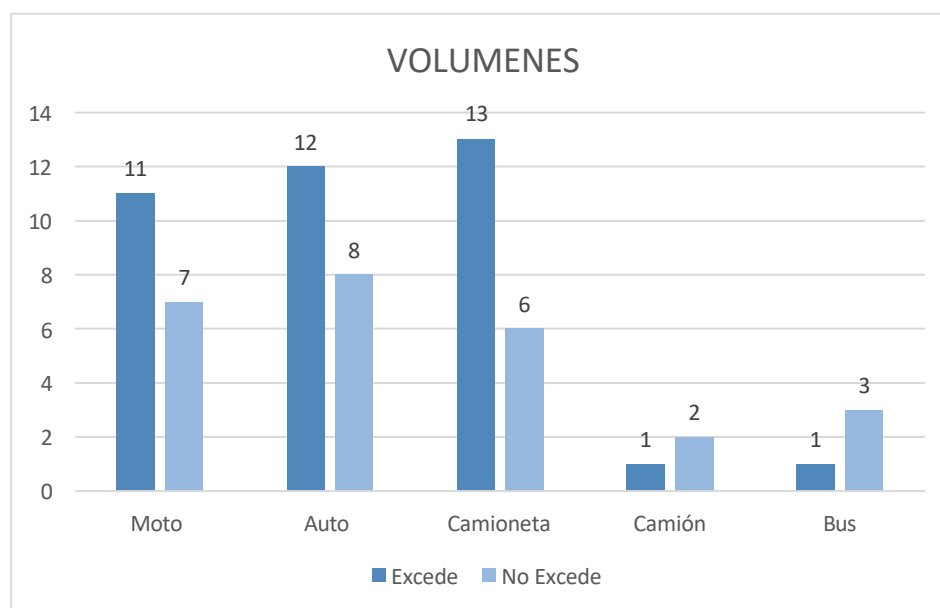
**Fuente:** Elaborado por sustentantes

**Tabla 34 Vehículos que superan o no el límite de velocidad, EST 14+800  
sentido León - Managua.**

| Velocidad máxima 60 kph |           |           |            |             |                     |           |
|-------------------------|-----------|-----------|------------|-------------|---------------------|-----------|
| Tipo                    | Excede    | No Excede | % Excede   | % No excede | Vel. Promedio (kph) | Total     |
| Moto                    | 11        | 7         | 61%        | 39%         | 69.75               | 18        |
| Auto                    | 12        | 8         | 60%        | 40%         | 65.43               | 20        |
| Camioneta               | 13        | 6         | 68%        | 32%         | 68.90               | 19        |
| Camión                  | 1         | 2         | 33%        | 67%         | 61.14               | 3         |
| Bus                     | 1         | 3         | 25%        | 75%         | 62.92               | 4         |
| <b>Total:</b>           | <b>38</b> | <b>26</b> | <b>59%</b> | <b>41%</b>  |                     | <b>64</b> |

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Figura 25 Vehículos que superan o no el límite de velocidad, EST 14+800  
sentido León - Managua**



**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

Del total de 165 vehículos registrados, se determinó que un 65% (equivalente a 108 vehículos) superó el límite de velocidad permitido, mientras que solo el 35% restante (57 vehículos) circuló dentro de los márgenes establecidos por la normativa vigente. Este resultado es alarmante, ya que revela un alto porcentaje de conductores que incumplen los límites de velocidad, representando una conducta riesgosa y una falta de conciencia vial significativa.

### **3.5. Propuesta Técnica**

En esta sección se presentan las soluciones técnicas propuestas para reducir la accidentalidad en el tramo comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5 de la Carretera Vieja a León, ubicado en la Comarca Chiquilistagua, Managua. Las medidas planteadas están orientadas a mejorar la seguridad vial mediante acciones que aborden los factores que inciden en los accidentes registrados, considerando aspectos humanos, vehiculares y geométricos, con el propósito de lograr una vía más segura para todos los usuarios.

Durante el trabajo de campo se identificaron diversas deficiencias en la infraestructura vial que influyen directamente en la ocurrencia de siniestros. A partir de la recopilación y análisis de los elementos clave asociados a la vía como las características del terreno, la calzada, el derecho de vía, el sistema de drenaje y la señalización existente fue posible realizar una evaluación integral de las condiciones actuales del tramo.

El estudio del tráfico promedio diario (TPD) proporcionó una comprensión más clara de la demanda vehicular y de los patrones de movilidad en la zona de estudio.

De igual forma, el análisis de las velocidades promedio permitió detectar variaciones significativas que influyen directamente en el nivel de seguridad de los usuarios, lo que evidencia la necesidad de implementar medidas orientadas al control y regulación de la velocidad.

De igual manera, el análisis de la información sobre accidentes de tránsito, proporcionada por la Dirección de Tránsito Nacional, permitió reconocer los tipos de incidentes más frecuentes y las causas que los originan.

#### **3.5.1. Carpeta de Rodamiento**

Es necesario reparar los daños existentes en la carpeta de rodamiento con el fin de prolongar su vida útil y mejorar las condiciones de circulación del tramo. Durante el recorrido se identificaron baches, fisuras y zonas con deterioro superficial que, de no ser atendidas a tiempo, podrían comprometer la estructura del pavimento y aumentar el riesgo de accidentes.

El mantenimiento de la infraestructura vial de concreto hidráulico se rige bajo los estándares del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC-2000), el cual establece los procedimientos técnicos para garantizar la vida útil de la estructura. Dentro de estos tratamientos, el mantenimiento de juntas es prioritario, consistiendo en la limpieza y el sellado con materiales elastoméricos para evitar la infiltración de agua y finos que comprometan la base. Asimismo, ante la presencia de fallas superficiales o

estructurales, se aplica el bacheo de espesor parcial o total; este proceso implica el corte y demolición del área afectada, la preparación del sustrato y el vertido de concreto de alta resistencia, asegurando la transferencia de cargas y la continuidad de la carpeta de rodamiento conforme a las tolerancias de calidad exigidas por la normativa nacional.

Estas acciones permitirán restablecer la uniformidad de la superficie, mejorar la comodidad de los usuarios y garantizar un desplazamiento más seguro a lo largo del tramo comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5 carretera vieja a León.

**Tabla 35 Puntos que requieren reparación en la carpeta de rodamiento.**

| <b>CARPETA DE RODAMIENTO</b> |              |                  |
|------------------------------|--------------|------------------|
| <b>Estación</b>              | <b>Banda</b> | <b>Propuesta</b> |
| 14+345.80                    | Izquierda    | Reparación       |
| 14+789.45                    | Centro       | Reparación       |
| 15+014.00                    | Derecha      | Reparación       |
| 15+122.87                    | Izquierda    | Reparación       |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

Para complementar estas medidas, se sugiere la colocación de tachas reflectivas (ojos de gato) sobre el eje central y los bordes del pavimento, especialmente en las curvas cerradas, con el fin de proporcionar una referencia visual nocturna que ayude a los conductores a mantener su trayectoria dentro del carril.

### **3.5.2. Señalización Vertical**

Dentro del tramo de 2.5 km, las señales viales existentes se encuentran ubicadas de manera funcional y pertinente, cumpliendo en su mayoría con los criterios establecidos en el Manual. No obstante, se identificó que en el tramo crítico comprendido entre las estaciones 14+000 y 15+000 existe una mayor incidencia de accidentes de tránsito, lo cual evidencia la necesidad de reforzar la señalización preventiva.

En esta zona se propone la instalación adicional de señales que indiquen el límite de velocidad, con el fin de alertar a los conductores sobre los riesgos existentes y promover una conducción más segura.

En la siguiente tabla se detallan las señales que deben conservarse, así como aquellas que se recomienda incorporar, las cuales resultan del análisis de accidentalidad para reducir la incidencia de accidentes en el tramo crítico detectado.

**Tabla 36 Señales verticales propuestas y existentes.**

| <b>SEÑALES VERTICALES</b> |                 |               |                      |              |               |                  |
|---------------------------|-----------------|---------------|----------------------|--------------|---------------|------------------|
| <b>Nº</b>                 | <b>Estación</b> | <b>Código</b> | <b>Descripción</b>   | <b>Banda</b> | <b>Estado</b> | <b>Propuesta</b> |
| 1                         | 13+180.00       | P-12-3a       | tablero              | Izquierda    | Regular       | Mantenimiento    |
| 2                         | 13+482.50       | P-10-6        | salida de camiones   | Derecha      |               | Agregar          |
| 3                         | 13+535.15       | P-10-6        | salida de camiones   | Izquierda    |               | Agregar          |
| 4                         | 13+943.93       | R-2-1         | 60 KPH               | Derecha      | Regular       | Mantenimiento    |
| 5                         | 14+005.87       | R-2-1         | 60 KPH               | Derecha      | Regular       | Mantenimiento    |
| 6                         | 14+007.25       | E-1-1         | zona escolar (100 m) | Izquierda    | Regular       | Mantenimiento    |
| 7                         | 14+177.00       | P-1-5         | Camino sinuoso       | Derecha      |               | Agregar          |
| 8                         | 14+407.10       | P-10-1        | presencia de ganado  | Derecha      |               | Agregar          |
| 9                         | 14+583.00       | P-10-1        | presencia de ganado  | Izquierda    |               | Agregar          |
| 10                        | 14+726.38       | P-9-4         | paso peatonal        | Derecha      | Regular       | Mantenimiento    |
| 11                        | 14+837.00       | P-1-5         | Camino sinuoso       | Izquierda    |               | Agregar          |
| 12                        | 14+935.21       | P-1-9         | curva pronunciada    | Izquierda    | Regular       | Mantenimiento    |
| 13                        | 14+998.78       | P-1-9         | curva pronunciada    | Izquierda    | Mala          | Sustituir        |
| 14                        | 15+000.00       | II-1-3a       | NIC-12               | Izquierda    | Mala          | Sustituir        |
| 15                        | 15+050.00       | P-1-2         | curva pronunciada    | Derecha      |               | Agregar          |
| 16                        | 15+120.08       | P-1-9         | curva pronunciada    | Derecha      | Regular       | Mantenimiento    |
| 17                        | 15+142.56       | P-1-9         | curva pronunciada    | Derecha      | Regular       | Mantenimiento    |
| 18                        | 15+180.00       | P-1-2         | curva pronunciada    | Izquierda    |               | Agregar          |
| 19                        | 15+220.50       | R-2-1         | 60 KPH               | Izquierda    |               | Agregar          |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

### **3.5.3. Señalización Horizontal**

En la tabla siguiente se detallan las señalizaciones horizontales existentes a lo largo del tramo analizado. Estas presentan una disposición adecuada y continúan siendo funcionales para orientar y guiar a los usuarios de la vía.

No obstante, se considera necesario realizar labores de repintado y mantenimiento preventivo utilizando pintura de tráfico de alta resistencia (base solvente o base agua) o pintura termoplástica aplicada en caliente, según lo estipulado en las normativas de señalización vial. El proceso debe incluir la incorporación de

microesferas de vidrio reflectantes, las cuales se aplican por aspersión sobre la pintura fresca para proporcionar retroreflexión bajo condiciones de poca iluminación o durante la temporada de lluvias. Este tratamiento busca restaurar la visibilidad de las marcas horizontales (líneas de carril, pasos peatonales y flechas de dirección), garantizando que el conductor pueda percibir claramente la delimitación de la vía, lo que contribuye directamente a reforzar la seguridad y a mantener un flujo vehicular ordenado dentro del corredor evaluado.

Es por ello que se propone lo siguiente con respecto a las señales horizontales existentes en la vía:

- **Termoplástica:** para las líneas de carril y flechas (porque se usan diario).
- **Pintura de alta resistencia:** para los bordillos de las aceras (que no sufren tanto desgaste por llantas).

**Tabla 37 Señales horizontales existentes.**

| SEÑALES HORIZONTALES |                 |                      |       |         |                             |
|----------------------|-----------------|----------------------|-------|---------|-----------------------------|
| N.<br>º              | Estación        | Descripción          | Banda | Estado  | Propuesta                   |
| 1                    | 13+000 - 15+500 | Línea doble continua |       | Regular | Pintura de alta resistencia |
| 2                    | 13+150.45       | De frente            | Izq   | Mala    | Termoplástica               |
| 3                    | 13+165.50       | Doblar derecha       | Der   | Mala    | Termoplástica               |
| 4                    | 13+226.80       | Paso peatonal        |       | Mala    | Termoplástica               |
| 5                    | 13+236.98       | Doblar Izquierda     | Izq   | Mala    | Termoplástica               |
| 6                    | 13+562.05       | Escuela              | Der   | Regular | Termoplástica               |
| 7                    | 13+650.53       | Doblar derecha       | Der   | Mala    | Termoplástica               |
| 8                    | 13+650.53       | De frente            | Izq   | Mala    | Termoplástica               |
| 9                    | 13+654.78       | Doblar Izquierda     | Izq   | Mala    | Termoplástica               |
| 10                   | 13+739.78       | Paso peatonal        |       | Regular | Termoplástica               |
| 11                   | 13+943.51       | Doblar derecha       | Der   | Mala    | Termoplástica               |
| 12                   | 13+943.51       | De frente            | Izq   | Mala    | Termoplástica               |
| 13                   | 13+958.89       | Escuela              | Izq   | Regular | Termoplástica               |
| 15                   | 14+723.87       | Paso Peatonal        |       | Mala    | Termoplástica               |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

#### 3.5.4. Drenaje menor

Es importante realizar labores de mantenimiento en los drenajes menores que se encuentran en estado regular y proceder a reconstruir aquellos que presentan deterioro considerable, con el objetivo de garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de evacuación pluvial.

El proceso debe contemplar la limpieza, desobstrucción y reparación de las estructuras, permitiendo así un flujo continuo del agua y evitando acumulaciones que puedan afectar la superficie de rodamiento o las bases del camino.

Estas acciones contribuirán a preservar la estabilidad del terreno y prolongar la vida útil de la vía, reduciendo la posibilidad de daños estructurales y mejorando la seguridad de los usuarios.

**Tabla 38 Cunetas existentes**

| DRENAJE MENOR |           |              |           |         |            |
|---------------|-----------|--------------|-----------|---------|------------|
| Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda     | Estado  | Propuesta  |
| 13+471.00     | 13+585.18 | 114.18       | Derecha   | Malo    | Reparación |
| 13+622.46     | 13+638.77 | 16.31        | Izquierda | Regular | Limpieza   |
| 14+113.83     | 14+195.14 | 81.31        | Izquierda | Regular | Limpieza   |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

#### 3.5.5. Defensas metálicas

Las defensas metálicas ubicadas a lo largo del tramo deben ser restablecidas y mejoradas, ya que representan un elemento fundamental de protección y contención ante posibles salidas de vía o pérdidas de control de los vehículos.

Se considera necesario reparar las secciones dañadas y sustituir los tramos que ya no ofrecen resistencia estructural, garantizando una instalación firme, visible y continua. Estas acciones permitirán reducir la gravedad de los accidentes en los puntos críticos del tramo y ofrecer mayor seguridad a los conductores, especialmente en zonas de curvas y desniveles.

**Tabla 39 Defensas metálicas existentes.**

| DEFENSAS METALICAS |               |           |              |           |         |               |
|--------------------|---------------|-----------|--------------|-----------|---------|---------------|
| Nº                 | Estación (km) |           | Longitud (m) | Banda     | Estado  | Propuesta     |
| 1                  | 13+585.98     | 13+592.48 | 6.5          | Izquierda | Mala    | Sustituir     |
| 2                  | 13+657.88     | 13+663.03 | 5.15         | Izquierda | Regular | Mantenimiento |
| 3                  | 13+753.94     | 13+763.44 | 9.5          | Izquierda | Mala    | Sustituir     |
| 4                  | 13+998.00     | 14+004.10 | 6.1          | Derecha   | Mala    | Sustituir     |
| 5                  | 14+064.53     | 14+067.53 | 3            | Derecha   | Mala    | Sustituir     |
| 6                  | 14+287.93     | 14+293.08 | 5.15         | Derecha   | Regular | Mantenimiento |
| 7                  | 14+295.20     | 14+302.47 | 7.27         | Derecha   | Mala    | Sustituir     |
| 8                  | 14+422.31     | 14+428.76 | 6.45         | Derecha   | Mala    | Sustituir     |
| 9                  | 14+431.45     | 14+435.95 | 4.5          | Derecha   | Mala    | Sustituir     |
| 10                 | 14+445.75     | 14+454.55 | 8.8          | Derecha   | Regular | Mantenimiento |
| 11                 | 14+501.25     | 14+507.50 | 6.25         | Derecha   | Mala    | Sustituir     |
| 12                 | 14+735.03     | 14+740.53 | 6.82         | Derecha   | Mala    | Sustituir     |
| 13                 | 14+927.57     | 14+951.53 | 23.96        | Izquierda | Mala    | Sustituir     |
| 14                 | 15+008.15     | 15+028.35 | 10.2         | Izquierda | Mala    | Sustituir     |
| 15                 | 15+079.92     | 15+104.79 | 24.87        | Izquierda | Mala    | Sustituir     |
| 16                 | 15+144.31     | 15+153.15 | 8.85         | Derecha   | Regular | Mantenimiento |
| 17                 | 15+158.50     | 15+167.90 | 9.4          | Derecha   | Regular | Mantenimiento |
| 18                 | 15+200.50     | 15+212.75 | 12.25        | Izquierda | Regular | Mantenimiento |
| 19                 | 15+215.98     | 15+222.50 | 6.52         | Izquierda | Regular | Mantenimiento |
| 20                 | 15+350.50     | 15+358.15 | 7.65         | Izquierda | Regular | Mantenimiento |
| 21                 | 15+401.45     | 15+413.50 | 12.05        | Izquierda | Regular | Mantenimiento |

**Fuente:** Elaborada por Sustentantes.

Durante el levantamiento en campo se constató que las defensas metálicas (barreras tipo W-beam) existentes se encuentran en mal estado estructural, con tramos deformados, secciones corroídas y otros completamente ausentes. En varios puntos, dichas defensas fueron vandalizadas o retiradas, dejando al descubierto sectores con desniveles laterales considerables. Estas condiciones representan un riesgo elevado para los conductores, especialmente en los descensos o durante maniobras de sobrepaso.

### **3.5.6. Postes Guías**

Durante la inspección en campo se constató que en el tramo únicamente existe un poste guía en condiciones funcionales, lo cual evidencia una gran deficiencia

en este tipo de elementos de seguridad vial. La ausencia de postes guías limita la percepción visual del camino, especialmente en horas nocturnas o bajo condiciones climáticas adversas, y aumenta el riesgo de accidentes, sobre todo en las curvas donde estos dispositivos son fundamentales para indicar la continuidad de la vía.

Por tal motivo, se propone instalar nuevos postes guías en ambos costados de la carretera, distribuidos de forma regular y en mayor cantidad en los tramos con curvas o cambios de alineamiento. Cada poste deberá colocarse siguiendo las especificaciones técnicas de diseño y visibilidad, garantizando su correcta separación, altura y reflectividad.

Con estas acciones se busca mejorar la orientación del conductor, reforzar la seguridad vial y reducir el número de siniestros, brindando a los usuarios una referencia visual clara durante todo el recorrido entre el Km 13 y el Km 15.5.

**Tabla 40 Postes guías existente y propuestos.**

| <b>POSTES GUIAS</b> |              |               |                  |
|---------------------|--------------|---------------|------------------|
| <b>Estación</b>     | <b>Banda</b> | <b>Estado</b> | <b>Propuesta</b> |
| 13+180.00           | Izquierda    | Regular       | Mantenimiento    |
| 14+375.00           | Izquierda    |               | Agregar          |
| 14+400.00           | Izquierda    |               | Agregar          |
| 14+425.00           | Izquierda    |               | Agregar          |
| 14+450.00           | Izquierda    |               | Agregar          |
| 14+740.00           | Derecha      |               | Agregar          |
| 14+848.10           | Derecha      |               | Agregar          |
| 14+873.10           | Derecha      |               | Agregar          |
| 14+898.20           | Derecha      |               | Agregar          |
| 14+923.20           | Derecha      |               | Agregar          |
| 15+100.00           | Derecha      |               | Agregar          |
| 15+125.00           | Derecha      |               | Agregar          |
| 15+150.00           | Derecha      |               | Agregar          |
| 15+175.00           | Derecha      |               | Agregar          |
| 15+200.00           | Derecha      |               | Agregar          |
| 15+330.00           | Izquierda    |               | Agregar          |
| 15+430.00           | Izquierda    |               | Agregar          |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

### 3.5.7. Postes Kilométricos

Es necesario dar mantenimiento y reparar los postes kilométricos que presentan deterioro, garantizando que conserven una adecuada visibilidad y legibilidad para los conductores.

Durante la inspección del tramo se observó que varios de estos elementos muestran pérdida de color y desgaste en la pintura, lo que dificulta su correcta identificación.

Por ello, se recomienda realizar labores de limpieza y repintado con pintura reflectiva, así como la reposición de la numeración correspondiente, de modo que los postes recuperen su función informativa y orientadora. Estas acciones contribuirán a mantener una referencia clara y uniforme a lo largo del tramo, fortaleciendo la seguridad vial y facilitando la ubicación en caso de emergencias o inspecciones técnicas.

**Tabla 41 Postes kilométricos existentes**

| POSTES KILOMETRICOS |         |               |
|---------------------|---------|---------------|
| Estación            | Estado  | Propuesta     |
| 13+000              | Regular | Mantenimiento |
| 14+000              | Regular | Mantenimiento |
| 15+000              | Regular | Mantenimiento |

Fuente: Elaborada por sustentantes.

### 3.5.8. Parada de buses

Se plantea la construcción de bahías de autobuses en puntos estratégicos del tramo comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5, con dimensiones que se ajusten a las medidas mínimas requeridas para el estacionamiento y maniobra de los vehículos de transporte colectivo.

Estas bahías deben permitir que los autobuses realicen las operaciones de ascenso y descenso de pasajeros sin interferir con el flujo vehicular, reduciendo así el riesgo de accidentes y evitando la obstrucción del carril principal. Las dimensiones deberán contemplar un ancho y longitud suficientes para alojar al

menos un bus, con la posibilidad de ampliarlas en zonas de mayor demanda, asegurando radios de giro adecuados y una incorporación segura al carril de circulación.

Estas obras deberán construirse con pavimento reforzado que soporte las cargas repetitivas del transporte pesado y con accesos peatonales seguros, especialmente en los sectores donde se concentran usuarios provenientes de las comarcas cercanas. La implementación de estas bahías mejorará significativamente la seguridad y fluidez del tránsito, además de brindar mayor comodidad y protección a los pasajeros que utilizan el transporte público en este tramo.

**Tabla 42 Ubicación de nuevas bahías y casetas.**

| <b>PARADA DE BUSES</b> |              |           |              |           |              |                  |
|------------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|------------------|
| <b>Estación</b>        | <b>Bahía</b> |           | <b>Señal</b> |           | <b>Banda</b> | <b>Propuesta</b> |
|                        | <b>Si</b>    | <b>No</b> | <b>Si</b>    | <b>No</b> |              |                  |
| 13+205.50              |              | X         |              | X         | Izquierda    | Agregar bahía    |
| 13+206.00              | X            |           |              | X         | Derecha      |                  |
| 13+657.45              |              | X         |              | X         | Derecha      | Agregar bahía    |
| 13+870.00              | X            |           |              | X         | Izquierda    |                  |
| 13+950.00              |              | X         |              | X         | Derecha      | Agregar bahía    |
| 14+212.00              |              | X         |              | X         | Derecha      | Agregar bahía    |
| 14+215.00              |              | X         |              | X         | Izquierda    | Agregar bahía    |
| 14+735.00              |              | X         |              | X         | Izquierda    | Agregar bahía    |
| 14+777.00              |              | X         |              | X         | Derecha      | Agregar bahía    |
| 15+041.00              |              | X         |              | X         | Derecha      | Agregar bahía    |
| 15+250.00              | X            |           |              | X         | Derecha      | Agregar bahía    |
| 15+425.00              |              | X         |              | X         | Izquierda    | Agregar bahía    |

**Fuente:** Elaborada por sustentantes.

### **3.5.9. Control de velocidad**

Con base en este diagnóstico y en los resultados obtenidos en el estudio de accidentalidad, se propone implementar acciones técnicas orientadas a mejorar la seguridad vial, entre ellas el repintado de las líneas del eje central, bordes y pasos peatonales utilizando pintura termoplástica reflectiva, la cual mejora la visibilidad

en condiciones de poca iluminación y contribuye a reducir la probabilidad de accidentes en todo el tramo comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5.

Se identificaron tramos donde animales de finca cruzan la carretera libremente, lo que genera eventos imprevistos y choques, especialmente en horas nocturnas. Promover con los propietarios de fincas aledañas el control del ganado y la colocación de cercas de protección. Esto reducirá el riesgo de colisiones por invasión de animales en la calzada.

La aplicación de estas medidas permitirá mejorar significativamente la seguridad vial del tramo, reduciendo los siniestros por alcance, invasión de carril y giros indebidos. Se espera además disminuir en al menos un 30 % la tasa de accidentes durante el primer año de implementación, especialmente en el subtramo del Km 14 al Km 15.5.

Coordinar con la Policía Nacional la realización de operativos de velocidad y alcoholemia, principalmente los fines de semana y en horas vespertinas, que son los periodos con mayor incidencia de accidentes.

El tramo comprendido entre el Km 14+277 y el Km 14+737.42 presenta una serie de curvas consecutivas con radios reducidos y pendientes variables, lo que genera condiciones de circulación complejas. Esta sección se considera la más peligrosa del tramo, ya que combina limitación visual, falta de señalización preventiva y deterioro de los elementos de protección lateral.

Un punto que merece atención inmediata es el Km 15+110, donde ocurrió un accidente reciente debido a que la curva presenta una pendiente descendente y carece de elementos de contención adecuados. La falta de defensa y de señalización visible en este punto aumenta la probabilidad de pérdida de control y salida de vía, especialmente bajo condiciones de lluvia o poca iluminación.

De acuerdo con el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2011), toda zona que presente una sucesión de

curvas con radios reducidos y visibilidad restringida debe contar con señalización preventiva tipo P-1-5 “Camino sinuoso”. Esta señal debe colocarse a una distancia de 100 metros antes del inicio de la zona sinuosa y repetirse en ambos sentidos de circulación.

En consecuencia, la información recopilada constituye una base técnica sólida para la formulación de estrategias y propuestas de mejora que contribuyan a elevar los niveles de seguridad vial y a reducir la tasa de accidentes en el tramo analizado.

### **3.6. CONCLUSIONES**

El presente Estudio de Seguridad Vial correspondiente a 2.5 km del tramo comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5 de la Carretera Vieja a León, en la Comarca Chiquilistagua, permitió cumplir satisfactoriamente con el objetivo general de evaluar integralmente las condiciones de la vía, el comportamiento del tránsito y la incidencia de factores humanos, geométricos y operativos en la accidentalidad. Los resultados obtenidos proporcionan un diagnóstico técnico confiable que sirve de base para la formulación de medidas correctivas orientadas a mejorar la seguridad vial y la movilidad en el corredor.

Respecto al análisis de la accidentalidad correspondiente al período 2019–2023, se evidenció un incremento sostenido en el número de siniestros, pasando de 33 accidentes en 2019 a 49 en 2023, con un índice de accidentalidad que aumentó de 2.23 a 2.67 accidentes por millón de vehículos-kilómetro. Esta tendencia negativa confirma la existencia de factores de riesgo recurrentes, siendo el factor humano el más determinante, asociado principalmente a invasión de carril, no guardar distancia, giros indebidos y conducción bajo los efectos del alcohol. Además, el subtramo entre el Km 14 y el Km 15.5 se identificó como el más crítico, concentrando el 79 % de los accidentes registrados.

En el diagnóstico de las características físicas y funcionales de la vía, se determinó que la carpeta de rodamiento presenta condiciones estructurales aceptables, aunque con presencia de fisuras y baches localizados que requieren mantenimiento preventivo. Las cunetas se mantienen operativas en la mayoría del tramo, aunque algunas zonas necesitan limpieza o rehabilitación. En cuanto a la señalización, se identificó un 70 % de dispositivos verticales en buen estado, pero la horizontal presenta un 62 % de deterioro, afectando la visibilidad en horario nocturno y lluvioso. Asimismo, se detectó la falta de postes guía, defensas metálicas en mal estado y una disposición inadecuada de paradas de autobuses sin bahías de detención.

El estudio de tránsito permitió caracterizar el comportamiento vehicular mediante aforos manuales conforme al Manual del MTI. Se observó que el 94 % del flujo está compuesto por vehículos livianos, principalmente motocicletas y automóviles, con picos de circulación entre las 6:00–8:00 a.m. y las 5:00–7:00 p.m. El Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD) de 0.81 y 0.87 indicó un flujo relativamente estable, lo que refuerza la necesidad de mantener controles de velocidad, mejorar la señalización preventiva y fortalecer la educación vial en los horarios de mayor tránsito.

Finalmente, se plantearon soluciones técnicas viables basadas en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito SIECA 2014, orientadas a reducir la siniestralidad y optimizar la seguridad vial. Entre ellas destacan la rehabilitación de la señalización horizontal y vertical, la reposición de defensas metálicas, instalación de postes guía, construcción de bahías de autobuses, limpieza de drenajes y fortalecimiento de los controles policiales. La implementación sostenida de estas medidas contribuirá a disminuir significativamente los accidentes, mejorar la circulación y garantizar condiciones seguras para todos los usuarios, constituyendo además un instrumento de apoyo técnico para las autoridades competentes en la planificación y mantenimiento de la red vial.

### **3.7. RECOMENDACIONES**

En función de los resultados obtenidos en el Estudio de Seguridad Vial de 2.5 km del tramo comprendido entre el Km 13 y el Km 15.5 de la Carretera Vieja a León, Comarca Chiquilistagua, y considerando las deficiencias detectadas durante el diagnóstico de campo, se formulan las siguientes recomendaciones:

- Profundizar en estudios complementarios que amplíen los resultados obtenidos, incluyendo investigaciones enfocadas en el comportamiento del tránsito, análisis de velocidades operativas y evaluación de la eficiencia de las medidas de control implementadas.
- Desarrollar estudios de deflectometría del pavimento rígido y flexible, con el fin de evaluar la capacidad estructural de la vía y determinar con mayor precisión las necesidades de mantenimiento y rehabilitación a mediano y largo plazo.
- Proponer planes de mantenimiento vial basados en inspecciones periódicas y metodologías de conservación preventiva, estableciendo cronogramas de intervención y priorización según el nivel de deterioro de cada componente de la vía.
- Elaborar estimaciones de costos para las distintas alternativas de mejora identificadas, que sirvan como referencia técnica y económica en la formulación de proyectos futuros o programas de inversión vial en el municipio.
- Realizar estudios de impacto socioeconómico y ambiental que permitan valorar los beneficios derivados de la mejora de la seguridad vial, considerando la reducción de accidentes, los tiempos de viaje y los costos operativos del transporte.
- Promover investigaciones académicas interdisciplinarias que integren aspectos de ingeniería vial, comportamiento humano y políticas públicas de movilidad, de modo que se generen estrategias sostenibles orientadas a la reducción de la siniestralidad.

- Evaluar la efectividad de la señalización y dispositivos de control del tránsito mediante estudios posteriores a la implementación de mejoras, con el propósito de verificar el cumplimiento de las normas y el impacto real en la reducción de accidentes.

## BIBLIOGRAFÍA

- AECID/SIECA. (3ra. Edición, 2011). *Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras con enfoque de gestión de riesgos y seguridad vial*.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas G, J. (8 Edición, 2007). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones*. México: Alfaomega Grupo Editor de S.A. de C.V.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas G, J. (9na. Edición, 2018). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones*. México: Alfaomega Grupo Editor de S.A. de C.V.
- García, L., & Aburto, A. (Julio de 2001). Manual Elemental del Servicio de Rehabilitación y Mantenimiento de Calles y Caminos. 23. (N. Monje, Ed.) Managua, Nicaragua
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2023). *Estimaciones y proyecciones de población por municipio, 2023*. INIDE. <https://www.inide.gob.ni>
- MTI. (2020). *Anuario de Aforos de Tráfico*. Managua: Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos y Puentes.
- MTI/NIC. (2019). *Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes* (Vol. TOMO I).
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2014). Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. SIECA.

# ANEXOS

**Tabla 43 Aforo día martes 13+000**

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 06:00 - 06:15 | 1                      | 4            | 5           | 3    | 2         | 0         | 1       | 2   | 0                | 0              | 18    |
| 06:15 - 06:30 | 1                      | 5            | 4           | 4    | 1         | 2         | 0       | 0   | 0                | 0              | 17    |
| 06:30 - 06:45 | 2                      | 8            | 11          | 5    | 5         | 1         | 0       | 1   | 1                | 0              | 34    |
| 06:45 - 07:00 | 4                      | 3            | 14          | 4    | 7         | 0         | 2       | 0   | 1                | 1              | 36    |
| 07:00 - 07:15 | 3                      | 11           | 9           | 3    | 3         | 1         | 0       | 2   | 0                | 0              | 32    |
| 07:15 - 07:30 | 4                      | 7            | 12          | 2    | 10        | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 35    |
| 07:30 - 07:45 | 2                      | 6            | 17          | 3    | 9         | 1         | 0       | 2   | 1                | 0              | 41    |
| 07:45 - 08:00 | 2                      | 4            | 12          | 5    | 11        | 1         | 1       | 0   | 0                | 1              | 37    |
| 08:00 - 08:15 | 1                      | 4            | 11          | 6    | 12        | 0         | 0       | 2   | 0                | 0              | 36    |
| 08:15 - 08:30 | 3                      | 9            | 9           | 6    | 8         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 35    |
| 08:30 - 08:45 | 1                      | 4            | 10          | 4    | 5         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 25    |
| 08:45 - 09:00 | 2                      | 11           | 11          | 4    | 5         | 0         | 1       | 1   | 1                | 0              | 36    |
| 09:00 - 09:15 | 3                      | 7            | 9           | 7    | 8         | 0         | 0       | 1   | 3                | 0              | 38    |
| 09:15 - 09:30 | 5                      | 6            | 12          | 5    | 3         | 2         | 0       | 0   | 0                | 0              | 33    |
| 09:30 - 09:45 | 2                      | 5            | 7           | 6    | 3         | 0         | 0       | 2   | 0                | 0              | 25    |
| 09:45 - 10:00 | 5                      | 9            | 5           | 5    | 6         | 1         | 1       | 0   | 0                | 0              | 32    |

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 10:00 - 10:15 | 4                      | 12           | 9           | 8    | 3         | 2         | 0       | 0   | 2                | 0              | 40    |
| 10:15 - 10:30 | 3                      | 13           | 12          | 4    | 2         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 34    |
| 10:30 - 10:45 | 1                      | 6            | 14          | 3    | 1         | 0         | 1       | 1   | 1                | 0              | 28    |
| 10:45 - 11:00 | 4                      | 6            | 10          | 3    | 1         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 25    |
| 11:00 - 11:15 | 5                      | 9            | 14          | 2    | 4         | 2         | 0       | 0   | 0                | 1              | 37    |
| 11:15 - 11:30 | 5                      | 11           | 11          | 5    | 7         | 3         | 0       | 0   | 1                | 0              | 43    |
| 11:30 - 11:45 | 2                      | 6            | 10          | 6    | 5         | 0         | 0       | 2   | 0                | 1              | 32    |
| 11:45 - 12:00 | 1                      | 4            | 12          | 5    | 5         | 0         | 0       | 0   | 2                | 0              | 29    |
| 12:00 - 12:15 | 5                      | 5            | 14          | 10   | 7         | 0         | 1       | 0   | 0                | 0              | 42    |
| 12:15 - 12:30 | 1                      | 12           | 12          | 7    | 8         | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 42    |
| 12:30 - 12:45 | 5                      | 8            | 11          | 3    | 11        | 2         | 0       | 0   | 3                | 0              | 43    |
| 12:45 - 01:00 | 5                      | 15           | 12          | 9    | 6         | 0         | 0       | 0   | 0                | 1              | 48    |
| 01:00 - 01:15 | 1                      | 11           | 12          | 6    | 3         | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 35    |
| 01:15 - 01:30 | 5                      | 10           | 9           | 4    | 4         | 1         | 2       | 0   | 0                | 0              | 35    |
| 01:30 - 01:45 | 3                      | 11           | 7           | 7    | 1         | 0         | 0       | 0   | 1                | 2              | 32    |
| 01:45 - 02:00 | 4                      | 6            | 9           | 4    | 4         | 2         | 0       | 1   | 2                | 0              | 32    |

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 02:00 - 02:15 | 1                      | 5            | 8           | 5    | 3         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 22    |
| 02:15 - 02:30 | 2                      | 5            | 6           | 5    | 3         | 0         | 0       | 0   | 1                | 1              | 23    |
| 02:30 - 02:45 | 0                      | 5            | 7           | 7    | 4         | 2         | 0       | 0   | 0                | 0              | 25    |
| 02:45 - 03:00 | 1                      | 3            | 8           | 3    | 2         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 17    |
| 03:00 - 03:15 | 2                      | 4            | 3           | 1    | 3         | 0         | 2       | 0   | 0                | 0              | 15    |
| 03:15 - 03:30 | 0                      | 3            | 7           | 2    | 5         | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 19    |
| 03:30 - 03:45 | 1                      | 1            | 9           | 2    | 6         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 21    |
| 03:45 - 04:00 | 1                      | 8            | 8           | 8    | 1         | 0         | 0       | 0   | 0                | 1              | 27    |
| 04:00 - 04:15 | 0                      | 3            | 8           | 3    | 2         | 0         | 0       | 0   | 2                | 1              | 19    |
| 04:15 - 04:30 | 2                      | 5            | 6           | 4    | 1         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 19    |
| 04:30 - 04:45 | 1                      | 11           | 10          | 6    | 2         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 32    |
| 04:45 - 05:00 | 2                      | 6            | 11          | 8    | 3         | 1         | 1       | 0   | 0                | 0              | 32    |
| 05:00 - 05:15 | 3                      | 12           | 21          | 7    | 3         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 46    |
| 05:15 - 05:30 | 3                      | 10           | 25          | 9    | 5         | 1         | 0       | 0   | 2                | 0              | 55    |
| 05:30 - 05:45 | 1                      | 9            | 28          | 11   | 8         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 59    |
| 05:45 - 06:00 | 2                      | 7            | 26          | 14   | 7         | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 58    |
| <b>Total</b>  | 117                    | 345          | 527         | 253  | 228       | 32        | 13      | 24  | 27               | 10             | 1576  |

**Tabla 44 Aforo día martes 15+500**

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 06:00 - 06:15 | 3                      | 8            | 11          | 10   | 3         | 2         | 1       | 1   | 0                | 0              | 39    |
| 06:15 - 06:30 | 2                      | 11           | 9           | 3    | 6         | 1         | 0       | 0   | 1                | 0              | 33    |
| 06:30 - 06:45 | 5                      | 4            | 14          | 5    | 11        | 0         | 1       | 1   | 0                | 0              | 41    |
| 06:45 - 07:00 | 5                      | 2            | 19          | 7    | 8         | 1         | 1       | 0   | 0                | 0              | 43    |
| 07:00 - 07:15 | 2                      | 23           | 28          | 6    | 7         | 1         | 0       | 0   | 4                | 0              | 71    |
| 07:15 - 07:30 | 6                      | 15           | 18          | 9    | 6         | 1         | 0       | 0   | 3                | 0              | 58    |
| 07:30 - 07:45 | 3                      | 24           | 19          | 6    | 5         | 3         | 0       | 1   | 3                | 0              | 64    |
| 07:45 - 08:00 | 1                      | 28           | 12          | 7    | 5         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 54    |
| 08:00 - 08:15 | 5                      | 7            | 35          | 11   | 8         | 0         | 0       | 2   | 0                | 0              | 68    |
| 08:15 - 08:30 | 6                      | 15           | 18          | 6    | 12        | 0         | 0       | 0   | 2                | 0              | 59    |
| 08:30 - 08:45 | 0                      | 7            | 17          | 9    | 8         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 42    |
| 08:45 - 09:00 | 2                      | 14           | 18          | 1    | 5         | 0         | 0       | 1   | 0                | 1              | 42    |
| 09:00 - 09:15 | 5                      | 2            | 19          | 7    | 8         | 1         | 1       | 0   | 0                | 0              | 43    |
| 09:15 - 09:30 | 3                      | 13           | 24          | 2    | 6         | 1         | 1       | 1   | 1                | 0              | 52    |
| 09:30 - 09:45 | 2                      | 12           | 16          | 7    | 12        | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 50    |
| 09:45 - 10:00 | 2                      | 3            | 22          | 3    | 16        | 1         | 1       | 2   | 0                | 0              | 50    |

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 10:00 - 10:15 | 1                      | 5            | 21          | 6    | 11        | 0         | 0       | 0   | 1                | 0              | 45    |
| 10:15 - 10:30 | 3                      | 27           | 13          | 3    | 1         | 0         | 0       | 0   | 3                | 0              | 50    |
| 10:30 - 10:45 | 1                      | 12           | 12          | 4    | 4         | 2         | 0       | 1   | 0                | 0              | 36    |
| 10:45 - 11:00 | 2                      | 25           | 15          | 1    | 7         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 51    |
| 11:00 - 11:15 | 5                      | 8            | 18          | 2    | 9         | 4         | 0       | 0   | 3                | 0              | 49    |
| 11:15 - 11:30 | 2                      | 4            | 21          | 5    | 3         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 35    |
| 11:30 - 11:45 | 5                      | 11           | 11          | 3    | 4         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 35    |
| 11:45 - 12:00 | 6                      | 17           | 9           | 6    | 12        | 0         | 1       | 2   | 3                | 0              | 56    |
| 12:00 - 12:15 | 5                      | 8            | 18          | 9    | 5         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 45    |
| 12:15 - 12:30 | 4                      | 6            | 23          | 1    | 10        | 0         | 0       | 1   | 0                | 1              | 46    |
| 12:30 - 12:45 | 6                      | 9            | 17          | 5    | 6         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 45    |
| 12:45 - 01:00 | 3                      | 12           | 14          | 10   | 4         | 2         | 0       | 1   | 0                | 0              | 46    |
| 01:00 - 01:15 | 6                      | 15           | 20          | 6    | 3         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 50    |
| 01:15 - 01:30 | 5                      | 11           | 15          | 5    | 7         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 43    |
| 01:30 - 01:45 | 6                      | 12           | 7           | 6    | 2         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 34    |
| 01:45 - 02:00 | 3                      | 6            | 9           | 6    | 1         | 0         | 0       | 2   | 1                | 0              | 28    |

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 02:00 - 02:15 | 2                      | 4            | 12          | 3    | 1         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 23    |
| 02:15 - 02:30 | 1                      | 8            | 10          | 2    | 1         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 22    |
| 02:30 - 02:45 | 0                      | 12           | 7           | 9    | 4         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 32    |
| 02:45 - 03:00 | 0                      | 7            | 11          | 0    | 1         | 0         | 0       | 2   | 1                | 0              | 22    |
| 03:00 - 03:15 | 1                      | 5            | 15          | 3    | 3         | 0         | 1       | 0   | 0                | 0              | 28    |
| 03:15 - 03:30 | 0                      | 9            | 8           | 1    | 7         | 0         | 0       | 0   | 0                | 1              | 26    |
| 03:30 - 03:45 | 1                      | 3            | 7           | 1    | 1         | 0         | 0       | 1   | 2                | 0              | 16    |
| 03:45 - 04:00 | 3                      | 5            | 12          | 3    | 0         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 23    |
| 04:00 - 04:15 | 1                      | 5            | 11          | 5    | 0         | 0         | 0       | 1   | 2                | 0              | 25    |
| 04:15 - 04:30 | 2                      | 5            | 15          | 4    | 2         | 0         | 0       | 1   | 2                | 0              | 31    |
| 04:30 - 04:45 | 1                      | 8            | 11          | 0    | 0         | 0         | 1       | 0   | 2                | 0              | 23    |
| 04:45 - 05:00 | 6                      | 1            | 16          | 1    | 2         | 0         | 0       | 0   | 1                | 0              | 27    |
| 05:00 - 05:15 | 5                      | 5            | 12          | 6    | 7         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 36    |
| 05:15 - 05:30 | 4                      | 4            | 9           | 8    | 3         | 0         | 1       | 1   | 0                | 0              | 30    |
| 05:30 - 05:45 | 3                      | 11           | 10          | 8    | 2         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 34    |
| 05:45 - 06:00 | 1                      | 10           | 11          | 5    | 1         | 0         | 1       | 1   | 1                | 0              | 31    |
| Total         | 146                    | 478          | 719         | 236  | 250       | 22        | 11      | 30  | 37               | 3              | 1932  |

**Tabla 44 Aforo día miércoles 13+000**

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 06:00 - 06:15 | 1                      | 3            | 6           | 3    | 3         | 0         | 0       | 2   | 0                | 0              | 18    |
| 06:15 - 06:30 | 2                      | 2            | 5           | 5    | 2         | 1         | 2       | 0   | 0                | 0              | 19    |
| 06:30 - 06:45 | 1                      | 4            | 9           | 6    | 8         | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 30    |
| 06:45 - 07:00 | 2                      | 6            | 10          | 4    | 5         | 0         | 0       | 1   | 0                | 1              | 29    |
| 07:00 - 07:15 | 2                      | 11           | 12          | 3    | 4         | 0         | 2       | 1   | 0                | 0              | 35    |
| 07:15 - 07:30 | 3                      | 10           | 11          | 7    | 6         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 37    |
| 07:30 - 07:45 | 4                      | 12           | 16          | 8    | 10        | 1         | 1       | 2   | 1                | 1              | 56    |
| 07:45 - 08:00 | 2                      | 9            | 15          | 3    | 12        | 0         | 1       | 1   | 1                | 0              | 44    |
| 08:00 - 08:15 | 1                      | 5            | 10          | 10   | 11        | 1         | 0       | 2   | 1                | 0              | 41    |
| 08:15 - 08:30 | 1                      | 8            | 6           | 6    | 10        | 0         | 0       | 0   | 0                | 1              | 32    |
| 08:30 - 08:45 | 2                      | 8            | 5           | 3    | 6         | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 26    |
| 08:45 - 09:00 | 3                      | 9            | 10          | 2    | 7         | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 33    |
| 09:00 - 09:15 | 4                      | 6            | 16          | 3    | 4         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 35    |
| 09:15 - 09:30 | 2                      | 5            | 12          | 5    | 8         | 0         | 2       | 0   | 0                | 0              | 34    |
| 09:30 - 09:45 | 1                      | 3            | 8           | 7    | 7         | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 28    |
| 09:45 - 10:00 | 5                      | 5            | 7           | 5    | 5         | 2         | 0       | 0   | 0                | 0              | 29    |

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 10:00 - 10:15 | 3                      | 6            | 4           | 4    | 3         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 21    |
| 10:15 - 10:30 | 3                      | 8            | 10          | 4    | 8         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 33    |
| 10:30 - 10:45 | 2                      | 6            | 15          | 3    | 5         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 32    |
| 10:45 - 11:00 | 3                      | 3            | 17          | 2    | 4         | 2         | 0       | 0   | 1                | 0              | 32    |
| 11:00 - 11:15 | 4                      | 5            | 16          | 5    | 3         | 2         | 0       | 1   | 0                | 0              | 36    |
| 11:15 - 11:30 | 5                      | 6            | 19          | 3    | 2         | 2         | 0       | 0   | 0                | 0              | 37    |
| 11:30 - 11:45 | 2                      | 9            | 9           | 6    | 7         | 0         | 0       | 2   | 0                | 0              | 35    |
| 11:45 - 12:00 | 3                      | 10           | 8           | 4    | 5         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 30    |
| 12:00 - 12:15 | 1                      | 13           | 12          | 7    | 6         | 1         | 2       | 0   | 1                | 0              | 43    |
| 12:15 - 12:30 | 1                      | 17           | 21          | 9    | 7         | 2         | 0       | 1   | 0                | 0              | 58    |
| 12:30 - 12:45 | 3                      | 12           | 19          | 8    | 10        | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 54    |
| 12:45 - 01:00 | 4                      | 14           | 11          | 7    | 11        | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 48    |
| 01:00 - 01:15 | 2                      | 9            | 12          | 6    | 9         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 38    |
| 01:15 - 01:30 | 2                      | 8            | 6           | 5    | 16        | 2         | 0       | 0   | 0                | 1              | 40    |
| 01:30 - 01:45 | 2                      | 3            | 8           | 4    | 5         | 3         | 0       | 0   | 0                | 0              | 25    |
| 01:45 - 02:00 | 5                      | 6            | 5           | 3    | 4         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 23    |

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 02:00 - 02:15 | 2                      | 3            | 10          | 7    | 7         | 0         | 0       | 2   | 0                | 0              | 31    |
| 02:15 - 02:30 | 1                      | 8            | 11          | 3    | 4         | 0         | 0       | 1   | 1                | 1              | 30    |
| 02:30 - 02:45 | 1                      | 10           | 7           | 10   | 3         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 31    |
| 02:45 - 03:00 | 1                      | 12           | 7           | 9    | 2         | 0         | 1       | 0   | 0                | 0              | 32    |
| 03:00 - 03:15 | 2                      | 5            | 8           | 11   | 1         | 0         | 0       | 0   | 0                | 1              | 28    |
| 03:15 - 03:30 | 1                      | 7            | 5           | 3    | 2         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 19    |
| 03:30 - 03:45 | 1                      | 8            | 6           | 2    | 3         | 0         | 0       | 0   | 1                | 0              | 21    |
| 03:45 - 04:00 | 0                      | 9            | 4           | 3    | 4         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 21    |
| 04:00 - 04:15 | 1                      | 6            | 10          | 5    | 3         | 0         | 1       | 0   | 0                | 0              | 26    |
| 04:15 - 04:30 | 1                      | 7            | 6           | 4    | 2         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 20    |
| 04:30 - 04:45 | 1                      | 8            | 19          | 3    | 12        | 1         | 0       | 0   | 0                | 1              | 45    |
| 04:45 - 05:00 | 1                      | 4            | 12          | 6    | 5         | 0         | 0       | 0   | 1                | 0              | 29    |
| 05:00 - 05:15 | 2                      | 15           | 23          | 3    | 7         | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 52    |
| 05:15 - 05:30 | 3                      | 16           | 27          | 7    | 3         | 0         | 1       | 1   | 0                | 0              | 58    |
| 05:30 - 05:45 | 4                      | 15           | 24          | 11   | 12        | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 66    |
| 05:45 - 06:00 | 2                      | 18           | 28          | 17   | 11        | 0         | 0       | 2   | 1                | 0              | 79    |
| Total         | 105                    | 392          | 557         | 264  | 294       | 27        | 13      | 30  | 10               | 7              | 1699  |

**Tabla 45 Aforo día miércoles 15+500**

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 06:00 - 06:15 | 2                      | 6            | 10          | 2    | 4         | 1         | 1       | 2   | 0                | 0              | 28    |
| 06:15 - 06:30 | 1                      | 5            | 7           | 4    | 6         | 2         | 1       | 1   | 0                | 0              | 27    |
| 06:30 - 06:45 | 2                      | 10           | 10          | 5    | 10        | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 38    |
| 06:45 - 07:00 | 3                      | 12           | 23          | 6    | 9         | 0         | 1       | 0   | 1                | 0              | 55    |
| 07:00 - 07:15 | 4                      | 15           | 21          | 3    | 8         | 3         | 2       | 1   | 0                | 0              | 57    |
| 07:15 - 07:30 | 5                      | 13           | 26          | 9    | 14        | 0         | 1       | 1   | 1                | 0              | 70    |
| 07:30 - 07:45 | 3                      | 9            | 21          | 6    | 15        | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 55    |
| 07:45 - 08:00 | 2                      | 8            | 23          | 10   | 10        | 0         | 1       | 1   | 0                | 0              | 55    |
| 08:00 - 08:15 | 1                      | 5            | 19          | 7    | 9         | 0         | 0       | 0   | 0                | 1              | 42    |
| 08:15 - 08:30 | 2                      | 10           | 16          | 5    | 12        | 2         | 1       | 2   | 1                | 0              | 51    |
| 08:30 - 08:45 | 2                      | 12           | 12          | 6    | 8         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 42    |
| 08:45 - 09:00 | 2                      | 11           | 9           | 9    | 7         | 1         | 1       | 2   | 0                | 1              | 43    |
| 09:00 - 09:15 | 1                      | 6            | 8           | 3    | 6         | 2         | 0       | 0   | 2                | 0              | 28    |
| 09:15 - 09:30 | 1                      | 7            | 7           | 2    | 5         | 0         | 0       | 2   | 1                | 0              | 25    |
| 09:30 - 09:45 | 0                      | 14           | 8           | 6    | 4         | 2         | 0       | 0   | 0                | 0              | 34    |
| 09:45 - 10:00 | 0                      | 18           | 5           | 5    | 3         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 32    |

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 10:00 - 10:15 | 2                      | 12           | 10          | 3    | 7         | 0         | 1       | 1   | 1                | 0              | 37    |
| 10:15 - 10:30 | 1                      | 10           | 12          | 3    | 2         | 1         | 0       | 0   | 1                | 1              | 31    |
| 10:30 - 10:45 | 0                      | 12           | 11          | 4    | 8         | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 37    |
| 10:45 - 11:00 | 0                      | 10           | 9           | 5    | 6         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 32    |
| 11:00 - 11:15 | 1                      | 8            | 5           | 4    | 10        | 1         | 0       | 0   | 1                | 0              | 30    |
| 11:15 - 11:30 | 3                      | 6            | 16          | 3    | 10        | 3         | 1       | 0   | 1                | 0              | 43    |
| 11:30 - 11:45 | 5                      | 5            | 18          | 3    | 9         | 2         | 0       | 1   | 0                | 0              | 43    |
| 11:45 - 12:00 | 3                      | 11           | 16          | 7    | 11        | 1         | 0       | 1   | 1                | 0              | 51    |
| 12:00 - 12:15 | 3                      | 7            | 15          | 8    | 7         | 0         | 0       | 0   | 0                | 1              | 41    |
| 12:15 - 12:30 | 2                      | 5            | 14          | 10   | 9         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 41    |
| 12:30 - 12:45 | 3                      | 7            | 17          | 6    | 8         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 43    |
| 12:45 - 01:00 | 5                      | 6            | 16          | 8    | 5         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 41    |
| 01:00 - 01:15 | 4                      | 12           | 15          | 6    | 4         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 42    |
| 01:15 - 01:30 | 3                      | 10           | 18          | 4    | 5         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 41    |
| 01:30 - 01:45 | 2                      | 9            | 9           | 3    | 3         | 1         | 0       | 0   | 0                | 1              | 28    |
| 01:45 - 02:00 | 4                      | 8            | 11          | 6    | 4         | 2         | 0       | 1   | 1                | 0              | 37    |

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 02:00 - 02:15 | 0                      | 8            | 15          | 6    | 5         | 1         | 1       | 1   | 0                | 0              | 37    |
| 02:15 - 02:30 | 3                      | 7            | 16          | 2    | 2         | 2         | 0       | 0   | 0                | 0              | 32    |
| 02:30 - 02:45 | 2                      | 5            | 9           | 4    | 4         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 24    |
| 02:45 - 03:00 | 0                      | 5            | 13          | 2    | 3         | 0         | 0       | 2   | 0                | 0              | 25    |
| 03:00 - 03:15 | 1                      | 10           | 10          | 1    | 2         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 25    |
| 03:15 - 03:30 | 2                      | 5            | 12          | 5    | 6         | 1         | 0       | 0   | 1                | 0              | 32    |
| 03:30 - 03:45 | 0                      | 4            | 9           | 3    | 2         | 1         | 1       | 1   | 0                | 0              | 21    |
| 03:45 - 04:00 | 0                      | 3            | 7           | 2    | 1         | 0         | 0       | 0   | 1                | 0              | 14    |
| 04:00 - 04:15 | 2                      | 6            | 12          | 2    | 1         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 25    |
| 04:15 - 04:30 | 1                      | 5            | 21          | 2    | 3         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 33    |
| 04:30 - 04:45 | 1                      | 5            | 15          | 3    | 2         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 27    |
| 04:45 - 05:00 | 4                      | 5            | 10          | 1    | 2         | 0         | 0       | 0   | 1                | 0              | 23    |
| 05:00 - 05:15 | 5                      | 4            | 11          | 3    | 6         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 30    |
| 05:15 - 05:30 | 5                      | 6            | 9           | 2    | 8         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 30    |
| 05:30 - 05:45 | 4                      | 8            | 18          | 7    | 5         | 1         | 1       | 2   | 1                | 0              | 47    |
| 05:45 - 06:00 | 3                      | 10           | 21          | 6    | 6         | 0         | 1       | 2   | 1                | 0              | 50    |
| Total         | 105                    | 395          | 645         | 222  | 296       | 35        | 15      | 36  | 21               | 5              | 1775  |

**Tabla 46 Aforo día jueves 13+000**

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 06:00 - 06:15 | 0                      | 3            | 6           | 1    | 1         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 12    |
| 06:15 - 06:30 | 2                      | 5            | 5           | 1    | 2         | 2         | 0       | 1   | 1                | 0              | 19    |
| 06:30 - 06:45 | 1                      | 5            | 10          | 2    | 2         | 2         | 0       | 1   | 0                | 0              | 23    |
| 06:45 - 07:00 | 5                      | 5            | 15          | 4    | 10        | 0         | 1       | 1   | 1                | 0              | 42    |
| 07:00 - 07:15 | 2                      | 8            | 16          | 2    | 9         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 37    |
| 07:15 - 07:30 | 1                      | 12           | 11          | 9    | 4         | 2         | 0       | 0   | 0                | 0              | 39    |
| 07:30 - 07:45 | 3                      | 10           | 18          | 8    | 3         | 0         | 0       | 1   | 0                | 1              | 44    |
| 07:45 - 08:00 | 2                      | 9            | 7           | 7    | 5         | 2         | 0       | 1   | 0                | 0              | 33    |
| 08:00 - 08:15 | 2                      | 5            | 14          | 7    | 8         | 2         | 0       | 0   | 1                | 0              | 39    |
| 08:15 - 08:30 | 2                      | 9            | 5           | 4    | 4         | 3         | 0       | 0   | 0                | 0              | 27    |
| 08:30 - 08:45 | 2                      | 12           | 10          | 5    | 5         | 0         | 1       | 0   | 0                | 0              | 35    |
| 08:45 - 09:00 | 1                      | 9            | 9           | 6    | 5         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 31    |
| 09:00 - 09:15 | 2                      | 7            | 5           | 3    | 6         | 2         | 0       | 0   | 1                | 0              | 26    |
| 09:15 - 09:30 | 3                      | 5            | 5           | 5    | 9         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 27    |
| 09:30 - 09:45 | 2                      | 7            | 8           | 5    | 7         | 1         | 0       | 1   | 0                | 0              | 31    |
| 09:45 - 10:00 | 3                      | 10           | 9           | 3    | 3         | 1         | 1       | 1   | 0                | 0              | 31    |

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 10:00 - 10:15 | 2                      | 6            | 5           | 4    | 2         | 0         | 0       | 0   | 1                | 0              | 20    |
| 10:15 - 10:30 | 1                      | 6            | 9           | 4    | 2         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 23    |
| 10:30 - 10:45 | 1                      | 4            | 8           | 2    | 2         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 18    |
| 10:45 - 11:00 | 3                      | 5            | 12          | 1    | 6         | 0         | 1       | 0   | 0                | 0              | 28    |
| 11:00 - 11:15 | 2                      | 8            | 11          | 6    | 5         | 1         | 0       | 0   | 2                | 0              | 35    |
| 11:15 - 11:30 | 2                      | 5            | 13          | 3    | 4         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 28    |
| 11:30 - 11:45 | 0                      | 6            | 9           | 5    | 2         | 0         | 0       | 1   | 2                | 0              | 25    |
| 11:45 - 12:00 | 1                      | 10           | 15          | 7    | 10        | 1         | 0       | 0   | 1                | 0              | 45    |
| 12:00 - 12:15 | 3                      | 4            | 12          | 11   | 9         | 5         | 0       | 1   | 0                | 0              | 45    |
| 12:15 - 12:30 | 3                      | 11           | 16          | 5    | 7         | 0         | 0       | 1   | 0                | 1              | 44    |
| 12:30 - 12:45 | 2                      | 2            | 9           | 7    | 7         | 0         | 0       | 2   | 0                | 0              | 29    |
| 12:45 - 01:00 | 2                      | 10           | 12          | 9    | 5         | 2         | 0       | 1   | 1                | 0              | 42    |
| 01:00 - 01:15 | 2                      | 9            | 14          | 10   | 6         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 41    |
| 01:15 - 01:30 | 4                      | 6            | 12          | 2    | 5         | 2         | 0       | 0   | 0                | 0              | 31    |
| 01:30 - 01:45 | 2                      | 5            | 6           | 2    | 5         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 21    |
| 01:45 - 02:00 | 1                      | 4            | 8           | 6    | 4         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 24    |

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 02:00 - 02:15 | 1                      | 5            | 3           | 4    | 3         | 0         | 0       | 0   | 1                | 0              | 17    |
| 02:15 - 02:30 | 0                      | 12           | 7           | 8    | 3         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 30    |
| 02:30 - 02:45 | 2                      | 9            | 9           | 1    | 2         | 2         | 0       | 0   | 0                | 1              | 26    |
| 02:45 - 03:00 | 1                      | 6            | 10          | 4    | 1         | 0         | 1       | 0   | 0                | 0              | 23    |
| 03:00 - 03:15 | 0                      | 5            | 4           | 5    | 1         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 15    |
| 03:15 - 03:30 | 0                      | 4            | 5           | 4    | 3         | 0         | 0       | 0   | 2                | 1              | 19    |
| 03:30 - 03:45 | 0                      | 5            | 3           | 4    | 5         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 18    |
| 03:45 - 04:00 | 3                      | 2            | 4           | 1    | 4         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 14    |
| 04:00 - 04:15 | 4                      | 8            | 12          | 4    | 2         | 0         | 0       | 1   | 0                | 1              | 32    |
| 04:15 - 04:30 | 1                      | 6            | 7           | 5    | 1         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 20    |
| 04:30 - 04:45 | 0                      | 9            | 9           | 3    | 1         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 23    |
| 04:45 - 05:00 | 3                      | 8            | 23          | 7    | 4         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 46    |
| 05:00 - 05:15 | 2                      | 10           | 24          | 9    | 9         | 0         | 1       | 1   | 0                | 0              | 56    |
| 05:15 - 05:30 | 2                      | 12           | 27          | 8    | 10        | 0         | 0       | 0   | 1                | 0              | 60    |
| 05:30 - 05:45 | 2                      | 14           | 22          | 12   | 13        | 0         | 0       | 2   | 0                | 0              | 65    |
| 05:45 - 06:00 | 2                      | 16           | 19          | 13   | 6         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 58    |
| Total         | 87                     | 353          | 512         | 248  | 232       | 34        | 6       | 24  | 16               | 5              | 1517  |

**Tabla 47 Aforo día jueves 15+500**

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 06:00 - 06:15 | 1                      | 5            | 14          | 3    | 2         | 1         | 2       | 2   | 0                | 0              | 30    |
| 06:15 - 06:30 | 1                      | 5            | 10          | 5    | 6         | 2         | 0       | 0   | 0                | 0              | 29    |
| 06:30 - 06:45 | 2                      | 7            | 12          | 6    | 5         | 0         | 1       | 0   | 0                | 1              | 34    |
| 06:45 - 07:00 | 2                      | 6            | 11          | 10   | 5         | 0         | 2       | 1   | 0                | 0              | 37    |
| 07:00 - 07:15 | 3                      | 9            | 21          | 8    | 4         | 0         | 0       | 2   | 1                | 0              | 48    |
| 07:15 - 07:30 | 4                      | 15           | 18          | 5    | 12        | 1         | 0       | 0   | 1                | 0              | 56    |
| 07:30 - 07:45 | 1                      | 11           | 19          | 6    | 10        | 3         | 0       | 1   | 0                | 0              | 51    |
| 07:45 - 08:00 | 2                      | 6            | 24          | 4    | 14        | 0         | 2       | 0   | 0                | 0              | 52    |
| 08:00 - 08:15 | 2                      | 4            | 21          | 10   | 10        | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 48    |
| 08:15 - 08:30 | 5                      | 10           | 13          | 8    | 16        | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 54    |
| 08:30 - 08:45 | 1                      | 5            | 19          | 7    | 8         | 2         | 2       | 0   | 0                | 0              | 44    |
| 08:45 - 09:00 | 2                      | 7            | 10          | 5    | 5         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 31    |
| 09:00 - 09:15 | 1                      | 9            | 11          | 3    | 5         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 30    |
| 09:15 - 09:30 | 1                      | 8            | 13          | 3    | 4         | 0         | 0       | 0   | 2                | 0              | 31    |
| 09:30 - 09:45 | 1                      | 11           | 8           | 6    | 5         | 1         | 0       | 2   | 0                | 0              | 34    |
| 09:45 - 10:00 | 0                      | 12           | 14          | 4    | 6         | 0         | 1       | 0   | 0                | 0              | 37    |

| Hora          | Vehículos Livianos        |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones            |                   | Total |
|---------------|---------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|---------------------|-------------------|-------|
|               | Bicicletas /<br>Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano<br>de carga | Camión<br>C2 - C3 |       |
| 10:00 - 10:15 | 0                         | 9            | 11          | 3    | 2         | 0         | 0       | 0   | 1                   | 0                 | 26    |
| 10:15 - 10:30 | 2                         | 13           | 10          | 5    | 4         | 0         | 0       | 1   | 2                   | 0                 | 37    |
| 10:30 - 10:45 | 2                         | 11           | 9           | 7    | 6         | 2         | 0       | 1   | 0                   | 1                 | 39    |
| 10:45 - 11:00 | 1                         | 7            | 8           | 2    | 4         | 0         | 1       | 0   | 0                   | 0                 | 23    |
| 11:00 - 11:15 | 4                         | 6            | 11          | 4    | 7         | 2         | 0       | 0   | 1                   | 0                 | 35    |
| 11:15 - 11:30 | 4                         | 5            | 16          | 3    | 3         | 1         | 0       | 0   | 0                   | 0                 | 32    |
| 11:30 - 11:45 | 3                         | 5            | 14          | 3    | 4         | 1         | 0       | 1   | 0                   | 0                 | 31    |
| 11:45 - 12:00 | 2                         | 9            | 13          | 4    | 11        | 0         | 1       | 0   | 1                   | 0                 | 41    |
| 12:00 - 12:15 | 4                         | 12           | 10          | 3    | 12        | 0         | 0       | 0   | 0                   | 0                 | 41    |
| 12:15 - 12:30 | 3                         | 11           | 17          | 10   | 9         | 2         | 0       | 1   | 2                   | 0                 | 55    |
| 12:30 - 12:45 | 2                         | 9            | 18          | 8    | 10        | 0         | 0       | 0   | 1                   | 0                 | 48    |
| 12:45 - 01:00 | 5                         | 16           | 21          | 9    | 7         | 1         | 0       | 1   | 0                   | 0                 | 60    |
| 01:00 - 01:15 | 2                         | 15           | 19          | 6    | 5         | 1         | 0       | 1   | 0                   | 0                 | 49    |
| 01:15 - 01:30 | 3                         | 14           | 15          | 8    | 4         | 0         | 0       | 0   | 0                   | 0                 | 44    |
| 01:30 - 01:45 | 2                         | 12           | 9           | 10   | 3         | 2         | 0       | 0   | 1                   | 0                 | 39    |
| 01:45 - 02:00 | 4                         | 8            | 11          | 7    | 2         | 0         | 0       | 1   | 0                   | 0                 | 33    |

| Hora          | Vehículos Livianos     |              |             |      |           | Autobuses |         |     | Camiones         |                | Total |
|---------------|------------------------|--------------|-------------|------|-----------|-----------|---------|-----|------------------|----------------|-------|
|               | Bicicletas / Caponeras | Motocicletas | Automóviles | Jeep | Camioneta | Microbús  | Minibús | Bus | Liviano de carga | Camión C2 - C3 |       |
| 02:00 - 02:15 | 2                      | 9            | 8           | 4    | 3         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 27    |
| 02:15 - 02:30 | 0                      | 5            | 10          | 3    | 1         | 0         | 0       | 0   | 1                | 0              | 20    |
| 02:30 - 02:45 | 1                      | 8            | 8           | 8    | 2         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 27    |
| 02:45 - 03:00 | 1                      | 7            | 8           | 2    | 4         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 23    |
| 03:00 - 03:15 | 0                      | 6            | 11          | 3    | 3         | 1         | 0       | 0   | 0                | 0              | 24    |
| 03:15 - 03:30 | 0                      | 5            | 12          | 4    | 5         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 27    |
| 03:30 - 03:45 | 2                      | 3            | 5           | 6    | 2         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 18    |
| 03:45 - 04:00 | 2                      | 3            | 5           | 7    | 2         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 19    |
| 04:00 - 04:15 | 1                      | 3            | 5           | 2    | 1         | 0         | 1       | 1   | 1                | 0              | 15    |
| 04:15 - 04:30 | 2                      | 8            | 18          | 3    | 3         | 0         | 1       | 0   | 0                | 1              | 36    |
| 04:30 - 04:45 | 2                      | 9            | 13          | 5    | 5         | 0         | 0       | 0   | 0                | 0              | 34    |
| 04:45 - 05:00 | 5                      | 5            | 17          | 1    | 3         | 0         | 0       | 1   | 1                | 0              | 33    |
| 05:00 - 05:15 | 5                      | 4            | 11          | 6    | 8         | 0         | 0       | 1   | 0                | 0              | 35    |
| 05:15 - 05:30 | 3                      | 6            | 10          | 6    | 1         | 0         | 1       | 0   | 1                | 0              | 28    |
| 05:30 - 05:45 | 2                      | 10           | 11          | 5    | 7         | 0         | 0       | 1   | 0                | 1              | 37    |
| 05:45 - 06:00 | 1                      | 12           | 21          | 3    | 4         | 0         | 1       | 1   | 1                | 0              | 44    |
| Total         | 101                    | 395          | 623         | 253  | 264       | 23        | 16      | 27  | 20               | 4              | 1726  |

**Tabla 48 Muestra de levantamiento para estudio de velocidad, EST 13+100.**

| <b>ESTACION 13+100</b> |                  |                   |                          |                                  |                           |
|------------------------|------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| <b>Vehículo</b>        | <b>Distancia</b> | <b>Tiempo (s)</b> | <b>Velocidad (km/hr)</b> | <b>Límite de velocidad (kph)</b> | <b>Excede o No excede</b> |
| Moto                   | 100              | 5.13              | 70.18                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 4.00              | 90.00                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 4.30              | 83.72                    | 60                               | Excede                    |
| Camión                 | 100              | 5.08              | 70.87                    | 60                               | Excede                    |
| Bus                    | 100              | 6.10              | 59.02                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 5.18              | 69.50                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 5.98              | 60.20                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 5.18              | 69.50                    | 60                               | Excede                    |
| Camión                 | 100              | 5.89              | 61.12                    | 60                               | Excede                    |
| Bus                    | 100              | 5.03              | 71.57                    | 60                               | Excede                    |
| Moto                   | 100              | 5.34              | 67.42                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 5.12              | 70.31                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 4.12              | 87.38                    | 60                               | Excede                    |
| Camión                 | 100              | 6.19              | 58.16                    | 60                               | No Excede                 |
| Bus                    | 100              | 6.74              | 53.41                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 5.13              | 70.18                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 5.67              | 63.49                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 6.19              | 58.16                    | 60                               | No Excede                 |
| Camión                 | 100              | 6.23              | 57.78                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 5.91              | 60.91                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 5.45              | 66.06                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 5.11              | 70.45                    | 60                               | Excede                    |
| Camión                 | 100              | 6.12              | 58.82                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 5.87              | 61.33                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 5.34              | 67.42                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 6.13              | 58.73                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 6.98              | 51.58                    | 60                               | No Excede                 |
| Auto                   | 100              | 6.12              | 58.82                    | 60                               | No Excede                 |
| Camioneta              | 100              | 4.69              | 76.76                    | 60                               | Excede                    |
| Moto                   | 100              | 7.15              | 50.35                    | 60                               | No Excede                 |
| Auto                   | 100              | 4.11              | 87.59                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 6.45              | 55.81                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 5.69              | 63.27                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 3.79              | 94.99                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 6.98              | 51.58                    | 60                               | No Excede                 |
| Auto                   | 100              | 7.88              | 45.69                    | 60                               | No Excede                 |
| Camioneta              | 100              | 6.65              | 54.14                    | 60                               | No Excede                 |

| ESTACION 13+100 |           |            |                   |                           |                    |
|-----------------|-----------|------------|-------------------|---------------------------|--------------------|
| Vehículo        | Distancia | Tiempo (s) | Velocidad (km/hr) | Límite de velocidad (kph) | Excede o No excede |
| Auto            | 100       | 6.34       | 56.78             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 4.82       | 74.69             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 6.54       | 55.05             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 5.39       | 66.79             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 4.51       | 79.82             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 4.10       | 87.80             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 5.44       | 66.18             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 5.34       | 67.42             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 7.78       | 46.27             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 4.85       | 74.23             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 8.01       | 44.94             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 4.34       | 82.95             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 4.00       | 90.00             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 5.20       | 69.23             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 4.98       | 72.29             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 3.56       | 101.12            | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 6.01       | 59.90             | 60                        | No Excede          |
| Auto            | 100       | 4.45       | 80.90             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 4.32       | 83.33             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 7.12       | 50.56             | 60                        | No Excede          |
| Auto            | 100       | 7.09       | 50.78             | 60                        | No Excede          |
| Moto            | 100       | 5.17       | 69.63             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 5.09       | 70.73             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 4.28       | 84.11             | 60                        | Excede             |
| Camión          | 100       | 5.19       | 69.36             | 60                        | Excede             |
| Bus             | 100       | 6.87       | 52.40             | 60                        | No Excede          |
| Moto            | 100       | 6.18       | 58.25             | 60                        | No Excede          |
| Auto            | 100       | 5.99       | 60.10             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 5.25       | 68.57             | 60                        | Excede             |
| Camión          | 100       | 5.89       | 61.12             | 60                        | Excede             |
| Bus             | 100       | 5.03       | 71.57             | 60                        | Excede             |
| Moto            | 100       | 4.89       | 73.62             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 4.00       | 90.00             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 4.36       | 82.57             | 60                        | Excede             |
| Camión          | 100       | 5.08       | 70.87             | 60                        | Excede             |
| Bus             | 100       | 6.10       | 59.02             | 60                        | No Excede          |
| Moto            | 100       | 6.12       | 58.82             | 60                        | No Excede          |
| Auto            | 100       | 5.99       | 60.10             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 5.89       | 61.12             | 60                        | Excede             |

| ESTACION 13+100 |           |            |                   |                           |                    |
|-----------------|-----------|------------|-------------------|---------------------------|--------------------|
| Vehículo        | Distancia | Tiempo (s) | Velocidad (km/hr) | Límite de velocidad (kph) | Excede o No excede |
| Camión          | 100       | 5.33       | 67.54             | 60                        | Excede             |
| Bus             | 100       | 6.22       | 57.88             | 60                        | No Excede          |
| Moto            | 100       | 5.11       | 70.45             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 5.91       | 60.91             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 4.96       | 72.58             | 60                        | Excede             |
| Bus             | 100       | 6.95       | 51.80             | 60                        | No Excede          |
| Moto            | 100       | 5.05       | 71.29             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 5.87       | 61.33             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 4.06       | 88.67             | 60                        | Excede             |
| Moto            | 100       | 5.65       | 63.72             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 6.04       | 59.60             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 4.98       | 72.29             | 60                        | Excede             |
| Moto            | 100       | 4.12       | 87.38             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 5.23       | 68.83             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 4.99       | 72.14             | 60                        | Excede             |
| Moto            | 100       | 6.27       | 57.42             | 60                        | No Excede          |
| Auto            | 100       | 4.85       | 74.23             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 4.23       | 85.11             | 60                        | Excede             |
| Moto            | 100       | 5.03       | 71.57             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 5.12       | 70.31             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 4.95       | 72.73             | 60                        | Excede             |
| Bus             | 100       | 6.17       | 58.35             | 60                        | No Excede          |
| Moto            | 100       | 5.10       | 70.59             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 4.86       | 74.07             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 5.59       | 64.40             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 4.56       | 78.95             | 60                        | Excede             |

**Fuente:** Elaboradas por sustentantes.

**Tabla 49 Muestra de levantamiento para estudio de velocidad, EST 14+800.**

| <b>ESTACION 14+800</b> |                  |                   |                          |                                  |                           |
|------------------------|------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| <b>Vehículo</b>        | <b>Distancia</b> | <b>Tiempo (s)</b> | <b>Velocidad (km/hr)</b> | <b>Límite de velocidad (kph)</b> | <b>Excede o No excede</b> |
| Moto                   | 100              | 4.89              | 73.62                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 4.13              | 87.17                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 5.99              | 60.10                    | 60                               | Excede                    |
| Camión                 | 100              | 5.16              | 69.77                    | 60                               | Excede                    |
| Bus                    | 100              | 6.10              | 59.02                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 4.93              | 73.02                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 5.98              | 60.20                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 5.18              | 69.50                    | 60                               | Excede                    |
| Camión                 | 100              | 6.34              | 56.78                    | 60                               | No Excede                 |
| Bus                    | 100              | 4.77              | 75.47                    | 60                               | Excede                    |
| Moto                   | 100              | 5.87              | 61.33                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 5.12              | 70.31                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 5.89              | 61.12                    | 60                               | Excede                    |
| Moto                   | 100              | 6.11              | 58.92                    | 60                               | No Excede                 |
| Bus                    | 100              | 6.74              | 53.41                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 4.12              | 87.38                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 5.67              | 63.49                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 6.19              | 58.16                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 6.10              | 59.02                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 3.99              | 90.23                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 5.89              | 61.12                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 5.02              | 71.71                    | 60                               | Excede                    |
| Camión                 | 100              | 6.12              | 58.82                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 4.18              | 86.12                    | 60                               | Excede                    |
| Auto                   | 100              | 5.34              | 67.42                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 6.13              | 58.73                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 7.10              | 50.70                    | 60                               | No Excede                 |
| Auto                   | 100              | 6.12              | 58.82                    | 60                               | No Excede                 |
| Camioneta              | 100              | 5.98              | 60.20                    | 60                               | Excede                    |
| Moto                   | 100              | 7.23              | 49.79                    | 60                               | No Excede                 |
| Auto                   | 100              | 4.11              | 87.59                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 6.45              | 55.81                    | 60                               | No Excede                 |
| Moto                   | 100              | 6.45              | 55.81                    | 60                               | No Excede                 |
| Auto                   | 100              | 3.99              | 90.23                    | 60                               | Excede                    |
| Camioneta              | 100              | 6.98              | 51.58                    | 60                               | No Excede                 |
| Auto                   | 100              | 7.88              | 45.69                    | 60                               | No Excede                 |
| Camioneta              | 100              | 6.65              | 54.14                    | 60                               | No Excede                 |

| ESTACION 14+800 |           |            |                   |                           |                    |
|-----------------|-----------|------------|-------------------|---------------------------|--------------------|
| Vehículo        | Distancia | Tiempo (s) | Velocidad (km/hr) | Límite de velocidad (kph) | Excede o No excede |
| Auto            | 100       | 6.34       | 56.78             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 5.68       | 63.38             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 6.54       | 55.05             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 5.39       | 66.79             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 4.57       | 78.77             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 5.12       | 70.31             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 5.44       | 66.18             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 5.34       | 67.42             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 7.78       | 46.27             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 5.14       | 70.04             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 8.01       | 44.94             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 5.65       | 63.72             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 4.56       | 78.95             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 5.56       | 64.75             | 60                        | Excede             |
| Moto            | 100       | 4.99       | 72.14             | 60                        | Excede             |
| Moto            | 100       | 5.32       | 67.67             | 60                        | Excede             |
| Bus             | 100       | 6.01       | 59.90             | 60                        | No Excede          |
| Moto            | 100       | 4.56       | 78.95             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 4.32       | 83.33             | 60                        | Excede             |
| Auto            | 100       | 7.12       | 50.56             | 60                        | No Excede          |
| Auto            | 100       | 7.09       | 50.78             | 60                        | No Excede          |
| Moto            | 100       | 3.45       | 104.35            | 60                        | Excede             |
| Moto            | 100       | 6.81       | 52.86             | 60                        | No Excede          |
| Moto            | 100       | 6.23       | 57.78             | 60                        | No Excede          |
| Moto            | 100       | 3.67       | 98.09             | 60                        | Excede             |
| Camioneta       | 100       | 6.12       | 58.82             | 60                        | No Excede          |
| Camioneta       | 100       | 5.67       | 63.49             | 60                        | Excede             |

**Fuente:** Elaboradas por sustentantes.