

APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE CARRETERAS AUTOEXPLICATIVAS PARA REDUCIR LA SINIESTRALIDAD VIAL EN ZONAS URBANAS

LINDA NATHALI ARREGOCES ESTRADA

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Bogotá, D.C., Colombia

Junio, 2024

APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE CARRETERAS AUTOEXPLICATIVAS PARA REDUCIR LA SINIESTRALIDAD VIAL EN ZONAS URBANAS

**ESTUDIO DE CASO: AVENIDA BOYACÁ CON CALLE 80, BOGOTÁ,
COLOMBIA**

LINDA NATHALI ARREGOCES ESTRADA

Tesis presentada como requisito para optar al título de:

Magíster en Infraestructura Vial

Director(a):

Ing. Wilson Vargas

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Bogotá, Colombia

Junio, 2024

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profunda e infinitamente a Dios por darme la sabiduría, el coraje, la fuerza y la disciplina para realizar este trabajo y poder sacar adelante mis estudios de Maestría, por ayudarme a superar los obstáculos y por siempre guiarme para saber lo que debo hacer, su infinita ayuda, es la clave de que yo, hubiese podido desarrollar este proyecto de grado.

A mi mamá Carmen y mi Papá Alexis, ese motor, mi motivación cada día de esforzarme, y ser mejor cada vez más, gracias por siempre dejarme claro lo orgullosos que están de mí y por impulsarme a realizar bien todo lo que me proponga, todo mi esfuerzo y mis logros son dedicados a ustedes.

A mis hermanos, Laura y Alex, no recuerdo una vez en la que no me hubiesen apoyado o hubiese sentido que no podía contar con ustedes, infinitas gracias por sus buenos consejos, por siempre estar cuando los necesito, por apoyarme y motivarme.

A mi sobrina Ana Paula, gracias por motivarme, aunque está muy chiquita, pienso siempre en darle buen ejemplo, en que cuando crezca, vea en mí una persona que lucha y trabaja por sus sueños.

A Anderson, siempre elogiándome, apoyándome y recordándome que puedo lograr lo que me proponga, Gracias.

A la Universidad Santo Tomás, a mis compañeros y Profesores, en especial al Profesor Wilson Vargas, gracias por su ayuda y dirección para llevar a cabo este trabajo.

Finalmente, agradezco a quien lea este documento, por permitir y regalarme la oportunidad de incurrir dentro de su recopilación de conocimientos e información.

¡Gracias!

Resumen

En este documento, cuyo propósito es buscar soluciones y contribuir a la mitigación de la problemática mundial de la seguridad vial, se encuentra un análisis de siniestralidad vial detallado de un punto crítico (Avenida Boyacá con calle 80) en la ciudad de Bogotá, Colombia, el cual fue establecido por la Agencia Nacional de seguridad vial (ANSV), máxima autoridad para la aplicación de las políticas y medidas de seguridad vial nacional. Para el desarrollo de esta investigación, se desarrollaron dos tipos de análisis: El primero, de acuerdo con información secundaria recopilada de bases de datos y documentos públicos respecto al tema, y el segundo, se realizó con base en información primaria o información propia, donde la inspección de seguridad vial fue el pilar de la investigación. A partir de estos análisis y observaciones, se plantearon medidas tanto básicas o mínimas, como otras no tan convencionales, donde se aplicó el concepto de carreteras autoexplicativas, haciendo uso de las nuevas tecnologías con que contamos actualmente, y donde se presentaron evidencias que se han implementado en otros países y lugares en los cuales han tenido buenos resultados en cuanto al avance y mejora de la seguridad vial.

Palabras Claves: Seguridad vial, siniestralidad, carreteras, autoexplicativas, análisis, tecnología.

Abstract

In this document, whose purpose is to seek solutions and contribute to the mitigation of the global road safety problem, there is a detailed analysis of road accidents at a critical point (Avenida Boyacá with Calle 80) in the city of Bogotá, Colombia, which was established by the National Road Safety Agency (ANSV), the highest authority for the application of national road safety policies and measures. For the development of this research, two types of analysis were developed: The first, according to secondary information collected from databases and public documents regarding the topic, and the second, is carried out based on primary information or own information, where The road safety inspection was the pillar of the investigation. Based on these analyzes and observations, both basic or minimal measures were proposed, as well as other not so conventional ones, where the concept of self-explanatory roads was applied, making use of the new technologies that we currently have, and where evidence was presented that has been implemented in other countries and places where they have had good results in terms of improving road safety.

Keywords: Road safety, accidents, roads, self-explanatory, analysis, technology.

1. INTRODUCCIÓN

La seguridad vial se ha convertido en una problemática global. Anualmente 1,25 millones de personas en el mundo pierden la vida en las vías y el 90% de estas muertes son registradas en países de ingresos medios y bajos. (Alcaldía mayor de Bogotá, Plan distrital de seguridad vial, 2017-2026). Los accidentes de tránsito, que ocupan actualmente el noveno lugar entre las principales causas de defunción a nivel mundial y para todos los grupos de edad, suponen la pérdida de más de 1,2 millones de vidas y causan traumatismos no mortales a cerca de 50 millones de personas en todo el mundo cada año. Casi la mitad (49%) de las personas que mueren en las vías de tránsito del mundo son peatones, ciclistas y motociclistas. (OPS, La OPS/OMS en Panamá y autoridades nacionales realizan lanzamiento del Plan nacional de seguridad vial segundo decenio 2021-2030, (2021)

Además del dolor y el sufrimiento que acarrearán, los accidentes de tránsito constituyen un grave problema de salud pública y desarrollo, que conlleva elevados costos sanitarios y socioeconómicos. Los accidentes de tránsito representan del 1% al 3% del producto nacional bruto en gran parte de los países. (Paquete de medidas técnicas de seguridad vial, 2017)

En Bogotá, el número de víctimas de siniestros viales ha oscilado entre 500 y 600 víctimas fatales por año en los últimos 10 años, es decir que, a pesar de las acciones encaminadas a abordar esta problemática, no se ha logrado reducir sustancialmente el número de víctimas (Alcaldía mayor de Bogotá, Plan distrital de seguridad vial, 2017-2026)

Es por este motivo, que, en este documento, se analizan y se exponen una serie de medidas claves basadas en datos probatorios que, según muchos de los principales expertos mundiales en seguridad vial, así como sus respectivos organismos, son las que más probabilidades tienen de influir a corto y largo plazo sobre el número de muertes y lesiones

causadas por accidentes de tráfico. Estas medidas se enmarcan en un enfoque de sistema seguro, y diseños viarios de carreteras que perdonan y carreteras autoexplicativas, donde se busca establecer las bases para un futuro en el que la cultura de la seguridad vial sea predominante y priorizada.

A partir del análisis preliminar del documento: “Priorización de Puntos Seguros: Análisis de la siniestralidad vial en vías urbanas de Bogotá”, septiembre 2022, realizada por la ANSV y el observatorio nacional de seguridad vial se pretende conocer las causas y la raíz de la problemática de la seguridad vial, para posteriormente definir, e implementar intervenciones concretas en las zonas que se identifiquen como los principales puntos críticos de siniestralidad vial. La problemática que se pretende analizar en esta investigación es la siniestralidad vial en la Avenida Boyacá con calle 80, en la ciudad de Bogotá, Colombia.

El enfoque e importancia de este proyecto, de mejorar y contribuir en la seguridad vial, se basa en que garantizarla, se ha convertido en una prioridad a nivel mundial, tanto, que, en el año 2010, la OMS en conjunto con las Naciones Unidas, emitió una resolución, con el propósito de generar, entre 2011 y 2020, un grupo de medidas a nivel internacional, regional y nacional que permitieran controlar y mitigar el problema de la siniestralidad vial. (OMS, Asamblea general de las naciones unidas, 2010, resolución 64/255: Mejoramiento de la seguridad vial en el mundo)

Lo mencionado anteriormente constituye la base para la fundamentación de este estudio de caso, el cual será útil a la comunidad y permitirá desarrollar habilidades en el área de infraestructura vial y su aplicación en situaciones o casos similares, donde lo importante es que los diseños actuales lleguen a tener mejor eficiencia en su funcionalidad y una disminución de la tasa de siniestralidad vial, priorizando y respetando la sagrada vida de los usuarios.

El objetivo general de este trabajo es aplicar los conceptos de carreteras autoexplicativas en el punto crítico de la Avenida Boyacá con calle 80 en la ciudad de Bogotá, con el fin de reducir la siniestralidad vial y fortalecer la seguridad vial. Para ello se harán las siguientes actividades:

- Realizar la caracterización de la seguridad vial de la Avenida Boyacá con calle 80 en la ciudad de Bogotá, Colombia.
- Realizar una inspección de seguridad vial, y el análisis de la siniestralidad en el caso de estudio, apoyada en el concepto de carreteras autoexplicativas.
- Proponer medidas y soluciones con el fin de mejorar de la seguridad vial en el caso de estudio y representar las condiciones futuras con las medidas mínimas propuestas.

Se espera que, con lo plasmado en este documento, se pueda convencer al que lo lea, que también se pueden desarrollar medidas en contra de la siniestralidad vial, que, si bien no están establecidas en la normativa colombiana, muestran buenos resultados, e implementarlas puede garantizar un gran avance en temas de seguridad vial.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	6
2. CARRETERAS AUTOEXPLICATIVAS.....	15
2.1. CASOS DE APLICACIÓN DE CARRETERAS AUTOEXPLICATIVAS	21
2.1.1. Normativa de Algunos Sistemas con Iluminación LED:	28
3. ESTADO DEL ARTE	29
4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	32
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
4.2. FUENTES DE INFORMACIÓN	32
4.3. DISEÑO METODOLÓGICO	32
5. CARACTERIZACIÓN DE SEGURIDAD VIAL EN AVENIDA BOYACÁ - CALLE 80, BOGOTÁ, D.C	33
5.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	33
5.1.1. ¿Por qué la Avenida Boyacá con Calle 80?	38
6. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA DE SINIESTRALIDAD VIAL EN LA AVENIDA BOYACÁ CON CALLE 80.....	39
6.1. DESCRIPCIÓN DEL SITIO.....	39
6.2. USO DEL SUELO	40
6.3. SISTEMA VIAL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.....	40
6.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	41
6.4.1. Análisis de Siniestros Viales 2015 – 2021	41
6.4.2. Análisis de Siniestros Viales por Gravedad, 2015 – 2021	42
6.4.3. Análisis de Siniestros Viales por Clase de Siniestro, 2015 – 2021	43
6.4.4. Análisis de Siniestralidad por Causa, 2015 - 2021	44
6.4.5. Siniestralidad por Periodos del Día, 2015 - 2021	45
6.4.6. Siniestralidad por Días, 2015 - 2021.....	46
6.4.7. Siniestralidad por Localidad.	46
7. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PRIMARIA - INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL (ISV) AVENIDA BOYACÁ CON CALLE 80.....	49
7.1. GUÍA TÉCNICA O NORMATIVA BASE	49
7.1.1. Identificación del Riesgo	49
7.1.2. Análisis del Riesgo	49
7.1.3. Evaluación del riesgo	53
7.2. ANÁLISIS DE LA ISV	54
7.2.1. Ficha de Hallazgo:.....	54
7.2.2. Tipos de Hallazgos Encontrados:	55
7.2.3. Número de Hallazgos Encontrados:	59
7.2.4. Evaluación de Riesgo:	60
7.2.5. Hallazgos por Sentido	61
7.2.6. Coordenadas de Hallazgos Encontrados	63
7.2.7. Mapa de Calor de Hallazgos.....	65
8. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES BASADAS EN CARRETERAS AUTOEXPLICATIVAS.....	67
9. CONCLUSIONES	96
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Enfoque de sistema seguro.	18
Figura 2. Señales inteligentes para cruces e intersecciones.....	19
Figura 3. Carretera autoexplicativa con líneas verdes – Castilla y León, España	21
Figura 4. Carretera autoexplicativa, demarcación, Nava de Roa	22
Figura 5. Carretera autoexplicativa, Demarcación en carreteras de acceso, Holanda	23
Figura 6. Cruce de peatones inteligentes	25
Figura 7. Semáforo de acera, Córdoba	26
Figura 8. Carril que brilla en la oscuridad	26
Figura 9. Señalización vial Inteligente, Guadalajara.....	27
Figura 10. Priorización de Puntos Seguros en la ciudad de Bogotá.	37
Figura 11. Siniestralidad vial 2015 – 2021 Avenida Boyacá con calle 80.	42
Figura 12. Siniestralidad por gravedad 2015 – 2021, Avenida Boyacá con calle 80.	42
Figura 13. Siniestralidad por clase de siniestro 2015 – 2021 Avenida Boyacá con calle 80.	43
Figura 14. Siniestralidad por causa 2015 – 2021, Avenida Boyacá con calle 80.....	44
Figura 15. Siniestralidad por periodos del día 2015 – 2021, Avenida Boyacá con calle 80.....	45
Figura 16. Siniestralidad por días 2015 – 2021 Avenida Boyacá con calle 80.....	46
Figura 17. Localidades de mayor frecuencia de siniestros viales durante el año 2022	47
Figura 18. Distribución de siniestros graves por localidad, 2022	48
Figura 19. Tipos y números de hallazgos encontrados	60
Figura 20. Frecuencia de Nivel de riesgo	60
Figura 21. Intersección de Estudio	61
Figura 22. Hallazgos por Sentido.....	62
Figura 23. Mapa Base “Bing Satellite”	65
Figura 24. Hallazgos localizados en Qgis.....	66
Figura 25. Mapa de calor hallazgos.....	66
Figura 26. Comparación con medidas básicas en señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad.....	67
Figura 27. Señales de tráfico ASTM Tipo XI.....	68
Figura 28. Señal vertical inteligente para paso de peatones.....	69
Figura 29. Comparación con medidas básicas para demarcación horizontal deficiente en mal estado o con poca visibilidad.....	70
Figura 30. Carril bici luminoso inteligente	71
Figura 31. Ciclovía peatonal segura	72
Figura 32. Comparación con implementación de medidas básicas, Demarcación de pavimento	73
Figura 33. Láminas Reflectantes Grado Diamante Cúbico™ DG ³ de 3M™	73
Figura 34. Líneas longitudinales	74
Figura 35. Comparación con implementación de medidas básicas, pasos peatonales	75
Figura 36. Pasos de peatones inteligentes, Playa San Juan, Alicante	75
Figura 37. Paso peatonal seguro, lámina reflectante	76
Figura 38. Paso peatonal seguro, Balizas luminosas inteligentes.....	76
Figura 39. Cruce cebra	77
Figura 40. Cruce sendero peatonal	78
Figura 41. Cruce Vehicular Regulado por Semáforo Todo en Rojo	78
Figura 42. Cruce con Resalto Trapezoidal	79
Figura 43. Cruce Escolar	79
Figura 44. Estado actual del pavimento en algunas zonas	80

Figura 45. Pavimento en buen estado, calle Asunción, Paraguay	81
Figura 46. Estado actual del separador central	82
Figura 47. Barreras de contención de cables	82
Figura 48. Sistemas de contención vehicular – Defensas metálicas	83
Figura 49. Sistemas de contención vehicular – Puente José Celestino Mutis, Bogotá.....	83
Figura 50. Comparación con implementación de medidas básicas, Parqueadero inadecuado.....	85
Figura 51. Circulación sin obstáculos debajo de un puente	85
Figura 52. Estado actual de obstáculo lateral (poste)	87
Figura 53. Medidas para reducir el riesgo	87
Figura 54. Marcadores de obstáculos verticales	88
Figura 55. Estado actual de algunos sistemas de contención.....	89
Figura 56. Sistema de contención Tipo Jersey.....	89
Figura 57. Geometría de las barreras de concreto con sección tipo New Jersey	90
Figura 58. Comparación con implementación de medidas básicas, bandas alertadoras	91
Figura 59. Bandas alertadoras en el tramo Pativilca, Santa y Salaverry, Perú	91
Figura 60. Distribución de bandas alertadoras	92
Figura 61. Comparación con implementación de medidas básicas, marcadores de obstáculos	93
Figura 62. Ejemplo de implementación de obstáculo lateral, y además una adecuada demarcación de achurado.	93
Figura 63. Estado actual de la Iluminación y luminancia.....	94
Figura 64. Proyecto de iluminación de túnel debajo de un puente en México montado en 2018.	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Puntos e intersecciones con valores más altos de siniestros viales.	35
Tabla 2. Análisis de Densidad de Kernel en Bogotá, 2015-2021.	35
Tabla 3. Definiciones y valores según su potencialidad de accidentes.....	50
Tabla 4. Definiciones y valores según su permanencia de la exposición en el tiempo.....	51
Tabla 5. Niveles de probabilidad.....	51
Tabla 6. Niveles de consecuencias	52
Tabla 7. Matriz para determinar Nivel de Riesgo.....	53
Tabla 8. Tratamiento sugerido	53
Tabla 9. Ficha de Hallazgo	54
Tabla 10. Tipos de Hallazgos encontrados durante ISV en Avenida Boyacá con Calle 80	55
Tabla 11. Hallazgos encontrados	56
Tabla 12. Coordenadas de Hallazgos encontrados.....	63
Tabla 13. Niveles mínimos de retrorreflexión - Lámina tipo III	69
Tabla 14. Niveles mínimos de retrorreflexión - Lámina tipo IV	70
Tabla 15. Clasificación de las actividades de acuerdo con el rango PCI	81
Tabla 16. Relación de velocidad operativa con diseño de banda alertadora	93

GLOSARIO

AMENAZA: Probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado.

AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL (ASV) E INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL (ISV): Proceso sistemático, independiente y pormenorizado de revisión de las condiciones de seguridad vial, aplicado en un proyecto de infraestructura vial, en diferentes fases y etapas: planificación / diseño / construcción / operación.

CONFLICTO: Situación en la cual dos usuarios de la vía se acercan en espacio y tiempo de tal manera que una colisión es inminente si sus movimientos no cambian.

ELEMENTO POTENCIALMENTE PELIGROSO: Cualquier obstáculo con potencial para causar daño humano, asociado al uso de la infraestructura vial y al entorno de esta.

EXPOSICIÓN: Estado de estar expuesto a un riesgo. Medir la exposición tiene como objetivo indicar la probabilidad de que ciertos sectores de la población se vean implicados en colisiones, basados en determinada cantidad de tiempo, volumen o distancia.

GESTIÓN DE SEGURIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL: Conjunto de procedimientos que apoyan a los responsables de la vía en la toma de decisiones relacionadas con la mejora de la seguridad en la red vial.

HALLAZGO: Hecho relevante que se constituye en un resultado determinante en la evaluación de un asunto en particular, al comparar la condición [situación detectada] con el criterio [deber ser]. (Contraloría general de la República, 2015)

LEGIBILIDAD DE LA VÍA: Característica de la vía que permite al conductor percibir e interpretar las condiciones geométricas, entendiendo de manera previa el desarrollo del trazado de un tramo de carretera y de esta manera circular con un mayor grado de seguridad.

MANTENIMIENTO PERIÓDICO: Comprende la realización de actividades de conservación a intervalos variables, destinados primordialmente a recuperar los deterioros ocasionados por el uso o por fenómenos naturales o agentes externos (Ley 1682, 2013).

MEJORAMIENTO: Cambios en una infraestructura de transporte con el propósito de mejorar sus especificaciones técnicas iniciales. (Ley 1682, 2013).

PELIGRO: Fuente, situación o comportamiento con potencial para causar daño, en términos de daño humano, asociado al uso de la infraestructura

REHABILITACIÓN: Reconstrucción de una infraestructura de transporte para devolverla al estado inicial para la cual fue construida (Ley 1682 de 2013).

RIESGO: El riesgo puede tener diferentes significados, puede referirse a una situación que implica la exposición al peligro, también puede referirse a una tasa de lesiones calculada al dividir el número de lesiones colisiones entre la población. Por último, puede referirse a la probabilidad de que la amenaza ocurra en circunstancias de uso de la infraestructura.

SEGURIDAD VIAL: Conjunto de acciones, mecanismos e intervenciones sobre la infraestructura vial y de transporte, que están dirigidas a la prevención de siniestros viales, su mitigación y/o minimización de sus efectos. Se refiere también a tecnologías y distintas prácticas de diseño urbano dispuestas a favor de todos los usuarios de la vía para una circulación segura que proteja la vida y brinde comodidad, seguridad y accesibilidad urbana.

SINIESTRALIDAD: Es el resultado de aquellas situaciones presentadas en la vía pública donde ocurren daños físicos y materiales a algún usuario de la vía y donde usualmente está implicado un vehículo en movimiento.

SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR: Dispositivos que se instalan en el costado de una calzada vial o en las fajas de separación de calzadas en sentido contrario, y su finalidad es retener y redireccionar los vehículos que se salen de control de la vía, de manera que se limiten los daños y lesiones. (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012)

SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL: Herramienta para ayudar a las organizaciones a reducir y, en última instancia, eliminar, la incidencia y el riesgo de muerte y lesiones graves relacionadas con los accidentes de tránsito. (Austroads, 2015)

TRAMO DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES (TCA): Tramos de la red que presentan una frecuencia de accidentes significativamente superior a la media de tramos de características semejantes, y en los que, previsiblemente, una actuación de mejora de infraestructura puede conducir a una reducción de la accidentalidad (Díaz Pineda, 2015).

TRÁNSITO CALMADO: Combinación de medidas físicas, que principalmente, reducen los efectos negativos del uso del vehículo automotor y alteran los comportamientos de los conductores, mejorando las condiciones de los usuarios no motorizados (Ewing, 1999).

USUARIOS VULNERABLES: Usuarios con mayor probabilidad de sufrir lesiones o muertes en caso de un accidente debido a la ausencia de un revestimiento exterior que los proteja, es decir, peatones y vehículos de dos ruedas (Ministerio de Transporte, 2015).

VULNERABILIDAD: Es la condición de un usuario vial por razón del medio utilizado para su desplazamiento y el grado de protección (o desprotección) que tienen ante la interacción con modos motorizados, en este sentido son vulnerables los peatones y ciclistas.

2. Carreteras Autoexplicativas

La infraestructura vial y sus entornos deben ser comprensibles para los usuarios de la carretera, permitiéndoles identificar su ubicación, la dirección que deben tomar y anticipar eventos futuros para ajustar su comportamiento de conducción según sea necesario.

El concepto de carretera autoexplicativa o en términos ingleses “Self-explaining Road” (SER) y “forgiving roads”, se originó en los Países Bajos. Los principios de seguridad sostenible holandeses cubren la “previsibilidad”. Estas carreteras, muestran una señalización vial con indicaciones claras a los usuarios sobre el tipo de vía por la que circulan y el comportamiento que deben adoptar para garantizar la seguridad vial para todos los usuarios de la vía.

(Mascuñana, D., Iglesias, A., Martínez, P., 2016, Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera,)

Estas carreteras tratan de facilitar la vida al conductor por ser de “fácil lectura” su trazado, y por la reducción de los siniestros y/o de la gravedad de estos. Se diferencian del resto porque invitan al conductor a adoptar un comportamiento coherente con el diseño. Los usuarios perciben una carretera de simple lectura en la que es fácil anticiparse a lo que van a encontrar en los siguientes 30 segundos de conducción. El diseño por tanto se basa en la simplicidad, con patrones recurrentes y regulares que resultan familiares para el conductor.

Otros conceptos relacionados con carreteras autoexplicativas, y que se estarán aplicando a lo largo de este documento son:

- **Punto crítico de siniestralidad vial:** Es un lugar donde se produce un alto número de accidentes de tráfico y/o donde las condiciones de la carretera son peligrosas y propician el riesgo de sufrir un accidente. Estos puntos pueden estar ubicados en

intersecciones, cruces de carreteras, tramos de curvas peligrosas o tramos de concentración de tráfico.

- **¿Qué es un punto seguro?:** De acuerdo con la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV), un punto seguro se concibe como “una estrategia de seguridad vial que puede desarrollarse en todas las regiones del país, teniendo en cuenta las necesidades y posibilidades de cada contexto. Su implementación tiene el propósito de salvaguardar la vida de los conductores que interactúan en las vías”. Es pertinente señalar que los puntos seguros son una estrategia que pueden liderar las autoridades de tránsito con el fin de promover la seguridad y la protección de los actores viales. ANSV, (s.f). *Escuela virtual de seguridad vial*. Recuperado de: <https://ansv.gov.co/es/escuela/4558>

- **Carreteras que perdonan:** Todo surge de un enfoque nuevo de seguridad vial, que considera que una vía debe diseñarse con los estándares más altos de seguridad para evitar accidentes o en caso de algún error humano o de una falla mecánica, que el incidente no sea mortal. Se parte de la premisa de que los seres humanos, por su propia naturaleza, son propensos a cometer errores. Por lo tanto, el objetivo es prevenir que estos errores resulten en muertes o lesiones graves. Los nuevos diseños deben asegurar que la carretera sea legible para el conductor, esto quiere decir que la vía debe ser autoexplicativa y así la probabilidad de que ocurra algún accidente sea menor por no conocer bien el camino. Una carretera o vía perdonadora debe de contar con las siguientes características:

- ✓ **Contar con un buen proyecto geométrico:** Que su diseño tenga alineamiento horizontal, vertical y sección transversal.
- ✓ **Tener intersecciones y enlaces seguros:** Deben facilitarle al conductor la comprensión de las maniobras de operación para que domine toda la escena.
- ✓ **Una superficie de rodamiento adecuada.**
- ✓ **Buena visibilidad:** Que incluye buenas condiciones de iluminación por la noche.

- ✓ **Señalizaciones que permitan entender el camino, conocer los riesgos que se pueden presentar y tomar las debidas precauciones.** Una buena señalización le permite al conductor percibir correctamente el entorno en el que se encuentra para adaptar su comportamiento a diversas circunstancias a lo largo de su trayectoria. Deben ser legibles de día o de noche.
 - ✓ **Una zona de acotamiento libre de obstáculos:** En caso de que no pueda eliminar los obstáculos de la zona lateral, se colocarán sistemas de contención apropiados.
 - ✓ **Que su estado de conservación sea óptimo.**
 - ✓ **Algo muy importante es que esté diseñada para adecuarse a todos los usuarios de la vía:** conductores, motociclistas, ciclistas y peatones. *¿Qué son las carreteras que perdonan? (s.f). Recuperado de: <https://blog.vise.com.mx/que-son-las-carreteras-que-perdonan>*
 - **Enfoque de sistema seguro:** Para la gestión de una infraestructura segura, ha de partirse de la premisa de que la seguridad de los usuarios (conductores, ocupantes, vulnerables, etc.) debe ser el principal criterio de diseño del sistema. El diseño seguro de la infraestructura implica que cuando uno de los otros pilares del sistema falle actúe la infraestructura a modo compensatorio para evitar la ocurrencia de heridos graves y muertos. Se asume que el "error humano" es inevitable, pero que las muertes y las lesiones graves producto de un accidente de tráfico no lo son. (DGT, (2022 abril 22), Vías más seguras. Sistema seguro)
- El enfoque de sistema seguro proporciona un marco viable para examinar desde una perspectiva holística los factores de riesgo de los traumatismos causados por el tránsito y las intervenciones relacionadas. El enfoque de sistema seguro se basa en la estrategia "Perspectiva cero" sueca, que tiene la ambición a largo plazo de reducir a cero las lesiones graves o mortales en el sistema de transporte. Lo que este enfoque propone es que, en lugar de buscar el modo de lograr avances graduales en seguridad vial, se empiece por fijar la meta

de reducir a cero las defunciones causadas por el tránsito y luego se trabaje en sentido inverso, aplicando de modo sistemático y firme las medidas necesarias para alcanzar dicha meta.

Figura 1.

Enfoque de sistema seguro.



Nota. Tomado de 3. *Enfoque de Sistemas Seguros* [Fotografía], Ministerio de transporte y obras públicas, (s.f), <https://www.gub.uy/ministerio-transporte-obras-publicas/comunicacion/publicaciones/serie-300-norma-senalizacion-obra/seccion-301-introduccion-conceptos-3>

- Señalización inteligente:** La innovación está llegando a las carreteras con nuevas tecnologías para gestionar la circulación de una forma óptima. Este es el caso de las señales inteligentes de tráfico, las cuales tienen la misma apariencia que las señales de tráfico comunes, pero la diferencia está en que se combinan con tecnología. El objetivo de esta nueva modalidad de señalización es mejorar la experiencia de conducir y aumentar la seguridad vial. Se trata principalmente de señales luminosas que se activan a través de sensores instalados en el pavimento, este tipo de señalización, generalmente vertical, no requiere de cableado y funciona por radiofrecuencia. Además, incorpora tecnología que regula la intensidad de la luz

dependiendo de las condiciones ambientales. También se pueden encontrar señales inteligentes horizontales, que reflejan la luz de los faros de los automóviles, y cuentan con tecnología para almacenar energía solar y ser visibles durante las horas de oscuridad. Además de mejorar la seguridad de las personas, las señales inteligentes son más sostenibles y económicas, ya que suelen hacer uso de paneles solares y sólo se activan cuando reciben o detectan información determinada, por ejemplo, la presencia de ciclistas. Estos son algunos tipos de señalización inteligente que podemos localizar en distintas vías:

- ✓ **Señales inteligentes para cruces e intersecciones:** Los cruces e intersecciones son puntos con un alto historial de accidentes. Uno de los principales factores de peligrosidad es la falta de visibilidad que ocurre en ellas. Para mejorar la circulación se han implantado señales inteligentes que se iluminan para alertar del peligro al conductor cuando se acerca al cruce, y no tiene prioridad.

Cuando el sistema localice un vehículo en uno de los ramales de acceso al cruce se activará un panel luminoso, que alertará al conductor que circula por la vía con preferencia de la presencia de vehículos en el cruce, llamará su atención de manera que facilitará la reacción del conductor para que modere la velocidad al aproximarse al cruce. *El Independiente, (s.f). Cruces inteligentes para evitar los accidentes de tráfico. Recuperado de:*

<https://www.elindependiente.com/economia/2017/02/09/cruces-inteligentes/>

Figura 2.

Señales inteligentes para cruces e intersecciones



Nota. Adaptado de *Cruces inteligentes para evitar los accidentes de tráfico*, [Fotografía], El Independiente, 2017, <https://www.elindependiente.com/economia/2017/02/09/cruces-inteligentes/>

- ✓ **Señales inteligentes en los pasos de peatones:** Estos pasos de peatones inteligentes constan de bandas serigrafiadas con iluminación LED que van unidas a las marcas viales horizontales. Estas bandas se iluminan cuando un peatón se acerca al cruce. (*Señales Inteligentes*, (s.f)., <https://rentingfinders.com/glosario/senales-inteligentes/>)

- **Internet de las cosas (IoT):** La definición de IoT podría ser la agrupación e interconexión de dispositivos y objetos a través de una red (bien sea privada o Internet, la red de redes), dónde todos ellos podrían ser visibles e interaccionar. Respecto al tipo de objetos o dispositivos podrían ser cualquiera, desde sensores y dispositivos mecánicos hasta objetos cotidianos. Las señales inteligentes utilizan tecnología V2V (Intercambio de información entre vehículo – infraestructura – vehículo). Se trata de una rama del Internet de las Cosas (IoT) que viene a resaltar el valor del intercambio en tiempo real sobre datos sensibles como, por ejemplo, la velocidad, dirección, frenado o localización del vehículo. La finalidad de la comunicación V2V

es que los vehículos colaboren de manera recíproca, compartiendo información sobre ellos mismos, velocidad, posición y demás detalles que pueden ser procesados y analizados en una plataforma que los devuelve procesados al resto de automóviles de la red. (*Gestión de Flotas V2V: ¿Que es y cual es su importancia?, (s.f)., <https://www.ubicalo.com.mx/blog/gestion-de-flotas-v2v/>*)

2.1. Casos de Aplicación de Carreteras Autoexplicativas

- **Castilla y León, España:** La Junta de Castilla y León y la DGT, aplicaron en octubre de 2016 las líneas verdes con el fin de reducir la velocidad y los accidentes en las carreteras, siguiendo el ejemplo del éxito en las carreteras de Holanda y Suecia. Aunque en España esta experiencia comenzó como un proyecto piloto, ya se ha aplicado con éxito tanto en Suecia como en Holanda, donde se ha demostrado que las marcas de colores generan en los conductores la sensación de estrechamiento del carril para inducirles a moderar la velocidad. Se pretende que el usuario de la vía identifique y vaya asociando estas indicaciones a tramos de carreteras de velocidad controlada, con el fin de que en un futuro no sea necesaria la instalación de sistemas de control de velocidad, obteniendo una carretera autoexplicativa. (*Líneas verdes para reducir la velocidad y los accidentes, (s.f)., <https://www.autobild.es/noticias/lineas-verdes-reducir-velocidad-accidentes-182082>*)

Figura 3.

Carretera autoexplicativa con líneas verdes – Castilla y León, España



Nota. Tomado de *Líneas verdes para reducir la velocidad y los accidentes*, [Fotografía], 2017, <https://www.autobild.es/noticias/lineas-verdes-reducir-velocidad-accidentes-182082>

- **Nava de Roa, España:**

En la travesía de Nava de Roa (Burgos), se han pintado dos tipos de marcas viales. El objetivo aquí es la reducción de la velocidad. En el primer caso ha pintado unas marcas denominadas dientes de dragón en los laterales de la calzada, con los que se busca que el conductor perciba un estrechamiento que le haga ir más despacio en ese tramo. Más adelante, en la zona de más visibilidad, se ha pintado un paso de peatones que está precedido por líneas de borde quebradas cuya finalidad es concienciar al conductor de que se aproxima a una sección particular de la carretera por lo que deberá reducir la velocidad.

Con estos tramos experimentales se quiere comprobar la eficacia de las marcas antes de incorporarlas a la normativa «y conocer el grado de percepción y comprensión por parte de los usuarios». (Prueban marcas viales como alternativa a los radares para reducir la velocidad, (s.f.), <https://www.lavozdegalicia.es>)

Figura 4.

Carretera autoexplicativa, demarcación, Nava de Roa



Nota. Tomado de Prueban marcas viales como alternativa a los radares para reducir la velocidad, [Fotografía], La voz de Galicia, 2021,

https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/galicia/2021/09/13/prueban-marcas-viales-alternativa-radares-reducir-velocidad/0003_202109G13P4991.htm

- **Holanda**

La implementación de las carreteras autoexplicativas es uno de los aspectos más importantes dentro del programa de seguridad vial Holandés. Aspectos como la señalización vertical y horizontal, el ancho de los carriles o la iluminación variarán dependiendo del tipo de carretera, y están diseñados para dejar una marca distintiva en la vía, facilitando la circulación y seguridad de los conductores.

Figura 5.

Carretera autoexplicativa, Demarcación en carreteras de acceso, Holanda



Nota. Tomado de Beltrán y Sauri, (2008), Indicadores de seguridad de la infraestructura vial en los accidentes por Salida de Vía, Revisión de la velocidad límite

- **Majadahonda, Madrid**

El Ayuntamiento de Majadahonda (Madrid) ha implementado en la Avenida de España, un sistema inteligente de detección de peatones que mejore la circulación en esta zona.

“Nuestras ciudades están evolucionando hacia el modelo Smart City, apostando por la aplicación de la innovación y la tecnología a las infraestructuras y promoviendo la gestión automática y eficiente del tráfico rodado en entornos urbanos. El objetivo final es mejorar la movilidad y la seguridad vial, reduciendo la siniestralidad en los centros urbanos. La señalización vertical está formada por un conjunto de señales LED de alto nivel de reflectancia que funcionan con parpadeo lento y con mínima luminosidad siempre que no haya personas en las proximidades del paso con intención de cruzarlo. Cuando detectan a un peatón aumentan su luminosidad al máximo, alertando a los conductores con suficiente antelación de esta circunstancia. Los elementos verticales se combinan con componentes luminosos que refuerzan la señalización horizontal del paso (reflectores y placas LED), intensificando el aviso a los conductores para que reduzcan la velocidad y/o aumenten la distancia de seguridad, reduciendo el riesgo de accidentes. (Smart pedestrian crossings: Energy efficiency and sustainability, (2023, Julio 17), <https://proinbal.es/blog/pasos-de-peatones-inteligentes-eficiencia-y-sostenibilidad-energetica/>)

Figura 6.

Cruce de peatones inteligentes



Nota. Tomado de *Smart pedestrian crossings: energy efficiency and sustainability*, [Fotografía], Pro In, 2023, <https://proinbal.es/blog/pasos-de-peatones-inteligentes-eficiencia-y-sostenibilidad-energetica/>

- **Córdoba, España**

El semáforo de acera implementado en Córdoba, España, está formado por varias placas lumínicas con iluminación LED en color rojo o verde, en función del estado del semáforo para los peatones. El funcionamiento del sistema consiste en un encendido secuencial en color verde hacia la calzada, cuando el semáforo para peatones se encuentra en color verde. De igual forma, el sistema realiza un encendido secuencial en color rojo, en esta ocasión, en el sentido opuesto a la calzada, cuando el semáforo de peatones se encuentra en color rojo.

Se consigue así, reforzar intuitivamente, la utilidad del regulador semafórico indicando con un aviso dinámico, la posibilidad de cruzar, o en caso contrario, la obligatoriedad de detenerse. (*Cordoba estrena semafoto de acera*, (2023, abril 20) <https://interlight.es/cordoba-estrena-semaforo-de-acera/>)

Figura 7.

Semáforo de acera, Córdoba



Nota. Tomado de *Córdoba estrena semáforo de acera*, [Fotografía], Interlight, 2023, <https://interlight.es/cordoba-estrena-semaforo-de-acera/>

- **Holanda**

Aunque pudiera parecer una instalación artística, estas brillantes figuras pertenecen a un proyecto urbano muy interesante desarrollado en los Países Bajos que podría llegar muy pronto a otros países como Reino Unido, China o India. Su autor, el diseñador Daan Roosegaarde se inspiró en la famosa obra de Van Gogh “La noche estrellada” para dar forma a esta singular iniciativa en un carril de 600 metros, que utiliza una pintura especial reflectante que se carga con la luz solar durante el día para luego brillar intensamente por la noche. (*El carril bici que brilla en la oscuridad* , (2014, noviembre 6), <https://ciclosfera.com/a/carril-bici-inteligente-brilla-oscuridad>)

Figura 8.

Carril que brilla en la oscuridad



Nota. Tomado de *El carril bici que brilla en la oscuridad*, [Fotografía], Cicloesfera, 2014, <https://ciclosfera.com/a/carril-bici-inteligente-brilla-oscuridad>

- **Guadalajara, España**

El Ayuntamiento de Guadalajara utilizará sistemas de control de tráfico mediante cámaras, cruces semafóricos y pasos de peatones inteligentes que se iluminan al paso del viandante y que cuentan con balizas zombi que advierten a los peatones distraídos con el móvil mediante señales lumínicas en el suelo.

El objetivo será la reducción de atropellos en zonas de baja visibilidad. Las cámaras se situarán en las entradas y salidas de la ciudad para el control de matrículas. Adicionalmente se instalarán 32 pasos de peatones inteligentes en las calles Fernández Iparraguirre, Cuatro caminos, calle Donantes de Sangre y Cardenal González de Mendoza. (*Señalización vial inteligente para Guadalajara, (2018, marzo 6)*

https://anmotoristas.org/noticia_desarrollada.php?cod=8181)

Figura 9.

Señalización vial Inteligente, Guadalajara



Nota. Tomado de *Señalización vial inteligente para Guadalajara*, [Fotografía], ANM, 2018, https://anmotoristas.org/noticia_desarrollada.php?cod=8181)

2.1.1. Normativa de Algunos Sistemas con Iluminación LED:

Algunos sistemas están diseñados para que una vez completada su instalación, el mantenimiento necesario sea mínimo. Simplemente se repondrían las placas lumínicas al finalizar la vida útil de sus LEDs. Estos sistemas implantados se adaptan al PG3 (Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes) en cuanto a marcos viales horizontales se refiere, cumpliendo con las medidas exigidas en cuanto a resistencia y resbaladicidad de los sistemas. (*¿Cumple con la normativa?, (s.f.)*, <https://interlight.es/pasos-de-peatones-inteligentes/>)

3. Estado del Arte

Según las investigaciones, Bogotá, es una de las ciudades más pobladas del país con cerca de 7,5 millones de habitantes (DANE, 2018) con una extensión de 164 Ha, de las cuales el 75% son de suelo rural, dividida administrativamente en 20 localidades (Alcaldía de Bogotá, 2004) con aproximadamente 15.400 Km por carril para el 2013, que según estadísticas del Instituto de Desarrollo Urbano IDU el 50% se encuentra en mal estado, fue la primera ciudad colombiana en contar con un sistema de autobús de tránsito rápido, y en este momento cuenta con un Sistema Integrado de Transporte SIPT que reúne a todos los medios de transporte de pasajeros.

La siniestralidad en Bogotá es un problema que se ha estudiado desde hace varios años, por ejemplo, en el estudio “Siniestralidad por tránsito en Bogotá: Análisis de puntos críticos” (Pinto , 1985) se identificaron 15 puntos críticos de siniestralidad en la ciudad. Cinco años más tarde, en el estudio “Identificación y solución a los puntos críticos de siniestralidad vial en Bogotá” realizado por (Perry y Zuñiga, 1990) se establecieron 10 puntos críticos de siniestralidad.

El tema de la siniestralidad ha cobrado mucha importancia en las ciudades de la vida actual tras la integración de los medios de transporte terrestre en la época moderna especialmente los automotores que circulan por las calles, autopistas y carreteras tramos de vía que conforman una red amplia que cubre y brinda acceso a las ciudades y cualquier parte dentro del casco urbano. (Wilson Ernesto Vargas, Edison Mozo, 2012)

Además, se han expuesto y estudiado aspectos como movilidad, siniestralidad, infraestructura vial, con el fin de obtener conclusiones e incitar a los profesionales a enfocar las investigaciones en mejorar la movilidad de la ciudad con ella reducir las víctimas fatales.

(Wilson Vargas-Vargas, Carmen Femenina-Ribera, Gaspar Mora-Femenia , 2020, Contexto de la movilidad en Bogotá)

La Dirección general de tráfico, *DGT*, organismo autónomo del gobierno de España, ha venido trabajando en un documento que recoge una serie de medidas adoptadas en las carreteras, de efectividad demostrada, a modo de buenas prácticas, para intentar reducir la siniestralidad. Estas medidas tienen la peculiaridad de que ninguna de ellas implica modificaciones sustanciales de la infraestructura, sino que adecúan determinados elementos o adaptan su fisonomía, por lo que su coste es asequible. El informe recoge un total de 31 soluciones de bajo coste agrupadas en cuatro capítulos: elementos visuales y acústicos; medidas para la separación y delimitación de flujos de tráfico; medidas de ordenación y calmado del tráfico y elementos de protección y advertencia. Estas medidas están diseñadas pensando en construir un Sistema Seguro, enfoque reconocido por organismos internacionales (Organización Mundial de la Salud y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) y recogido en la Estrategia de Seguridad Vial 2021–2030 de España.

Dichas medidas se relacionan con el entorno de carreteras autoexplicativas, el cual es el diseñado y construido para obtener evaluaciones correctas de los usuarios sobre lo que constituye un comportamiento apropiado (*ver proyecto IN-SAFETY, Infrastructure and safety, de la Unión Europea*), y basa su concepto en que los elementos de diseño provoquen unas expectativas a cerca del comportamiento y actitudes esperadas de los usuarios, induciendo a una velocidad y maniobras determinadas.

Las vías autoexplicativas tienen unas determinadas características de legibilidad. Un diseño consistente minimizará las violaciones en las expectativas del conductor, será un trazado homogéneo para el conductor por lo que no sufrirá cambios bruscos en el nivel de atención requerido para adaptarse al entorno y condiciones geométricas. Las características de

la vía deben transmitir tranquilidad y confort en la conducción a los usuarios. (Díaz y de la Peña, 2003). En cuanto a la homogeneidad de los trazados (Pérez, 2003), cuando se compara el comportamiento de los conductores con el diseño de la carretera, la vía juega un papel determinante en la siniestralidad.

No obstante, asumiendo que incluso una vía perfectamente diseñada no será capaz de prevenir todos los accidentes, deben buscarse carreteras que perdonen, cuyos márgenes eviten graves consecuencias ante una salida de vía. Un entorno perdonante estará diseñado y construido para contrarrestar o impedir la ocurrencia de errores de conducción, y cuando no sea posible, evitar o mitigar las consecuencias negativas de los mismos.

En la aplicación del concepto de vías autoexplicativas, se deben diseñar una serie de medidas que se apliquen en todo el proceso de la vida de la vía, desde el diseño a la gestión de la seguridad vial, para alertar e indicar mejoras necesarias en el diseño, la infraestructura o su entorno.

La estrategia que se adopte es competencia de las autoridades viales y administraciones titulares de las carreteras como principales responsables del diseño y seguridad vial en las mismas, lo cual no es óbice para que otro tipo de expertos externos, y el conjunto de los equipos externos de consultores y proyectistas puedan ayudar aportando su experiencia cuando intervienen en las distintas fases. (Alonso, L. , (2015), *La integración del factor humano en el ámbito técnico de la gestión*, Universidad de Valencia)

4. Metodología de Investigación

4.1. Tipo de Investigación

Estudio de caso.

4.2. Fuentes de Información

ANSV, Secretaría de movilidad, Instituto Nacional de Vías, American Association of State Highway and Transportation Officials, Guía técnica de auditorías e inspecciones de seguridad vial, Manual de seguridad vial, PIARC; y bases de datos de artículos como Dialnet y EBSCO host

4.3. Diseño Metodológico

Para el desarrollo de la investigación, y con el propósito de lograr los objetivos previstos, se disponen cuatro fases:

- a. Identificación de puntos críticos de siniestralidad vial en la ciudad de Bogotá
- b. Análisis de la información secundaria
- c. Análisis de la información primaria – ISV
- d. Planteamiento de soluciones

5. Caracterización de Seguridad Vial en Avenida Boyacá - Calle 80, Bogotá, D.C

5.1. Planteamiento del Problema

La congestión vehicular en la ciudad de Bogotá es cada día más grande. Esta problemática se presenta a cualquier hora y en cualquier lugar de la ciudad, lo cual da como resultado entre muchos otros problemas, un aumento en las demoras de viajes interurbanos ocasionados por estos sistemas y, sobre todo, un gran problema de seguridad vial, que se traduce en altas cifras de siniestros viales (Betancourt, (2015), Problemática en Intersecciones Viales de Áreas Urbanas: Causas y Soluciones)

Según varios autores (Llano, D. H. 2014, Jolonch, J 2013), las causas de los problemas de movilidad y seguridad vial en Bogotá se pueden enumerar en los siguientes ítems:

- Permanente crecimiento del parque automotor
- Un déficit de la infraestructura vial. En los últimos años solo se han desarrollado corredores para el sistema Transmilenio.
- Un pésimo estado de la malla vial.
- Una falta de planeación vial de la ciudad.
- Inoperancia de la policía de tránsito, ya que se han convertido más en un comando control y se dedican a cazar infractores y no ayudar a la movilidad.
- Sistema semafórico no coordinado.
- Sobreoferta de servicio de transporte público, como taxis y buses zonales, que se convirtieron en las mismas rutas del transporte colectivo.
- Facilidades de la economía para la adquisición de vehículos, que ha hecho que el parque automotor de motos se aumente en un 300%.

- El mismo Pico y placa (medida de restricción vehicular implementada en las ciudades, dependiendo del número de la placa del vehículo), ya que lo que genera es que las personas tengan dos vehículos con placas diferentes.
- El vehículo es considerado como un símbolo de estatus, con lo que genera que todos quieran tener uno.
- Mala operación del sistema de transporte público que hace que los usuarios prefieran ir en vehículo particular.
- Un aumento de bici usuarios de la vía, los cuales no circulan por los carriles diseñados, si no se mezclan con los vehículos.
- Una mala cultura vial por todos los usuarios.

De acuerdo con el documento (Priorización de Puntos Seguros: Análisis de la siniestralidad vial en vías urbanas de Bogotá” de la Agencia Nacional de Seguridad vial, ANSV) y según información tomada y procesada por el Observatorio Nacional de Seguridad Vial (ONSV) con base en datos del Registro Nacional de Accidentes de Tránsito (RNAT) en el año 2022, se pueden evidenciar las zonas donde se concentra la siniestralidad vial en Bogotá.

A partir de pruebas de análisis espacial se profundizó en el análisis de puntos calientes (hot spot) en materia de seguridad vial, los cuales permitieron generar un listado de aquellas intersecciones donde se evidencia que la concentración de siniestros viales no responde a patrones aleatorios, sino que se trata de puntos de interés para adelantar intervenciones en temas de seguridad vial en el territorio.

De acuerdo con lo anterior, se estima la densidad de Kernel para los siniestros viales correspondientes a cada punto caliente identificado a lo largo del período 2015-2021, con el fin de priorizar no solo aquellos puntos que presentan un patrón agrupado de no ser resultado de

la aleatoriedad, sino aquellos que presentan las mayores densidades de siniestros viales, tal como se muestra en las Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1.

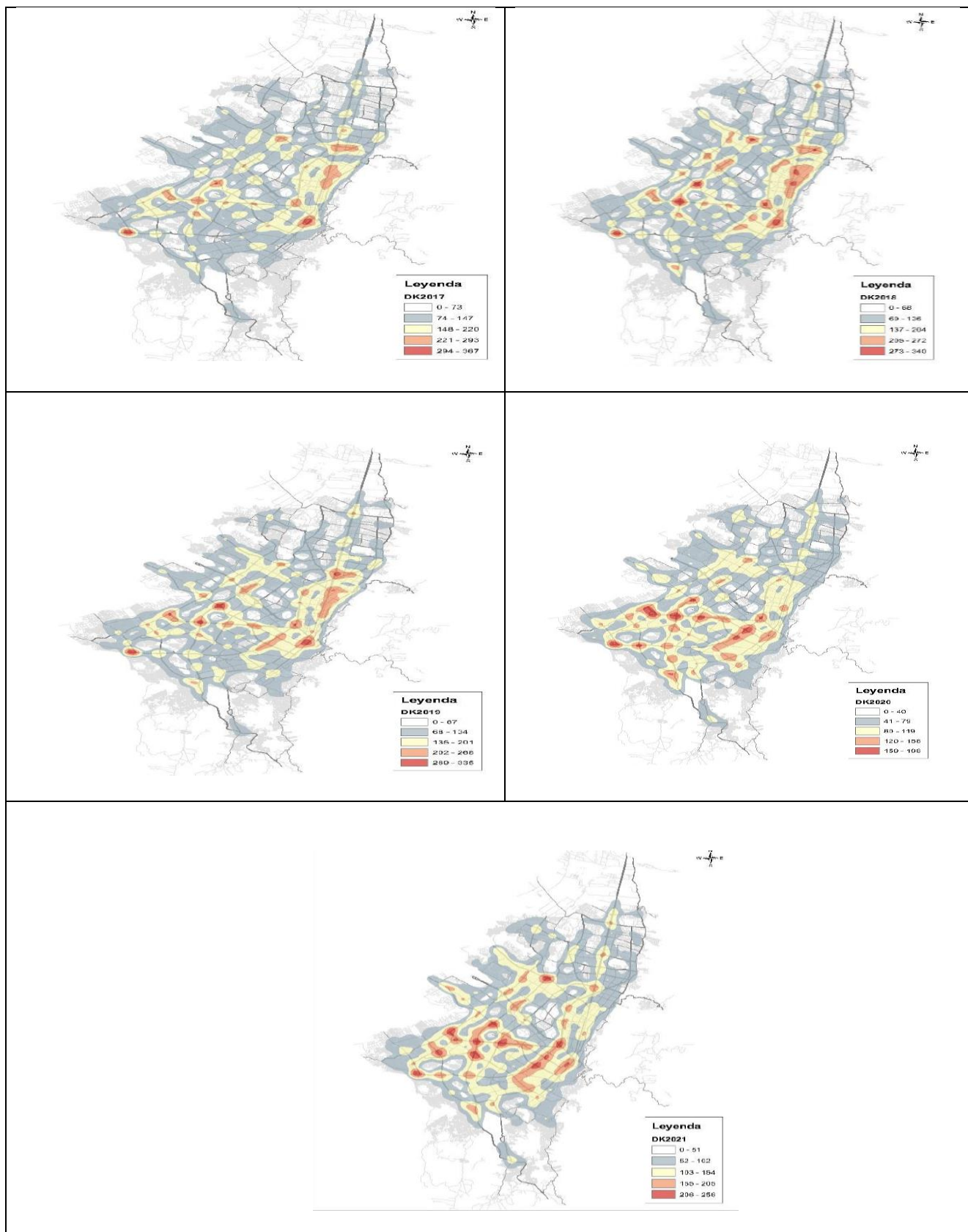
Puntos e intersecciones con valores más altos de siniestros viales.

Priorización	Dirección	DK2021	DK2020	DK2019	DK2018	DK2017	DK2016	DK2015
1	Au. Sur entre Av. Bosa y Cl 64 Sur	242,7	189,9	310,9	306,9	345,7	259,2	211,7
2	Av. Boyacá con Av. Américas	235,0	195,0	292,7	339,9	289,7	224,5	213,0
3	Av. Boyacá con Calle 13	227,0	164,5	331,1	313,7	291,4	264,7	168,5
4	Av. Boyacá con Calle 80	242,4	136,2	230,1	290,0	282,8	289,5	239,3
5	Av. NQS entre Av. Cl 26 y Av. Kr 28	231,2	161,7	270,2	287,8	274,1	244,1	230,1
6	Av. Cl 19 con Av. Kr 10	199,5	149,9	294,2	285,6	314,9	243,1	187,4
7	Av. Cl 19 con Av. Kr 14	200,6	155,3	281,5	272,5	300,4	217,9	175,8
8	Au. Norte con Calle 97	181,4	117,9	284,1	259,5	278,9	259,2	222,4
9	Av. Cali con Av. Américas	234,5	169,5	271,0	259,4	242,9	251,4	164,3
10	Av. Kr 14 con Cl 22	189,3	144,2	281,6	279,4	300,3	224,9	173,3

Nota. Tomado de Priorización de Puntos Seguros, ANSV, 2022

Tabla 2.

Análisis de Densidad de Kernel en Bogotá, 2015-2021.

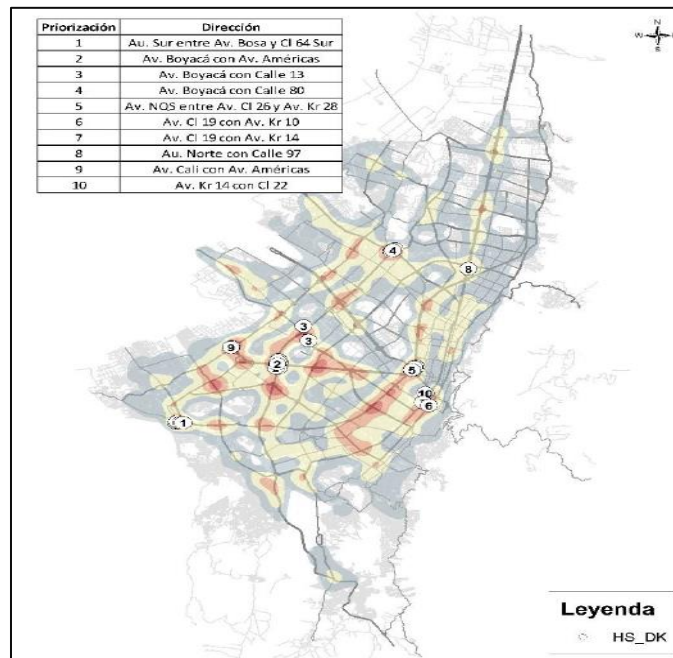


Nota. Tomado de *Priorización de Puntos Seguros*, ANSV, 2022

Los resultados del análisis espacial incluidos en la tabla anterior se representan espacialmente en la Figura 10, en la cual se visualizan las intersecciones viales priorizadas para la definición e implementación de intervenciones asociadas con puntos seguros.

Figura 10.

Priorización de Puntos Seguros en la ciudad de Bogotá.



Nota. Tomado de Priorización de Puntos Seguros, ANSV, 2022

Se pudo verificar, que tres (3) de los diez (10) puntos o sectores mencionados, presentan características muy similares, lo que hace pensar, que las condiciones actuales de esos sectores presentan alguna deficiencia o problema, por lo tanto, hace que se presente una alta cifra de siniestralidad cada año. Adicionalmente, los sectores mencionados, como ya se ha mencionado han permanecido en la lista, de los puntos más críticos de siniestralidad vial, en la ciudad de Bogotá, durante los últimos 7 años.

A raíz de lo mencionado, se aborda la siguiente pregunta:

¿Cómo, desde el diseño, la señalización y la demarcación autoexplicativa se puede reducir la siniestralidad vial en un punto crítico?

5.1.1. ¿Por qué la Avenida Boyacá con Calle 80?

En este documento, se evaluará, el punto No.4 "Avenida Boyacá con calle 80". Este punto fue tomado, debido a que la Avenida Boyacá es considerada una de las vías arteriales más importantes de Bogotá, que además se une con la calle 80, también conocida como la Avenida Medellín, y según la Secretaría Distrital de Planeación es una de las vías de mayor jerarquía y acceso metropolitano y regional. (Secretaría distrital de movilidad, Capítulo 3.5 "Infraestructura vial y de transporte" Diagnostico 4, Bogotá)

La avenida Boyacá presenta mayor número de accidentes con un alto margen sobre el segundo que es la avenida ciudad de Cali, por lo que varias de las avenidas que cruzan este corredor son probablemente intersecciones críticas. Esta avenida sigue siendo el corredor más peligroso de la capital colombiana; En estudios anteriores hechos por el Fondo de Prevención Vial mencionan a este importante corredor, en donde se presentan 2500 accidentes de tránsito en promedio por año en el periodo comprendido entre el 2000 y 2005. (Wilson Ernesto Vargas, (s.f.), Análisis de los puntos más críticos de accidentes de tránsito en Bogotá)

Es de suma importancia dar con la solución a esta problemática, ya que como se ha mencionado anteriormente, ha sido recurrente en los últimos años tanto en el sector de estudio, como en otros puntos de características similares, y es nuestro deber como ciudadanos e ingenieros que buscan contribuir a la satisfacción y seguridad de los usuarios de las vías, pensar en soluciones innovadoras y eficientes que mitiguen la alta siniestralidad y garanticen la vida de todos.

6. Análisis de Información Secundaria de Siniestralidad Vial en la Avenida Boyacá con Calle 80

En esta segunda fase se revisan y analizan estudios e informaciones previas relacionados con la siniestralidad vial en el sector en estudio.

Con base en la revisión de consolidados y bases de datos abiertos de las entidades competentes en Bogotá, se hace el análisis correspondiente de siniestralidad vial, el cual está desarrollado en el numeral 6.4. “Análisis de la Información”. Los consolidados y bases de datos utilizados son:

- Siniestros_viales_consolidados_bogota_dc
- Historico_siniestros_bogota_d.c_-
- Priorización de Puntos Seguros: Análisis de la siniestralidad vial en vías urbanas de Bogotá, ANSV, 2022

6.1. Descripción del Sitio

Es una intersección a desnivel donde la Calle 80 sobrepasa la Avenida Boyacá mediante un paso elevado. Consta de intercambiadores con forma de hoja de trébol.

La Avenida Boyacá, también conocida como carrera 72 (AK 72), es una vía de tipo arterial que atraviesa la ciudad de Norte a Sur. Esta Avenida en sentido norte - sur está compuesta por 2 calzadas de circulación, una interna con 3 carriles y una externa con 2 carriles; De la misma manera, en el sentido sur – norte. La velocidad reglamentaria es de 50 km/h. Este corredor se extiende a lo largo de 28,6 kilómetros desde Yomasa, (en el sur), hasta la calle 170 en Suba. Es la ruta principal para el transporte intermunicipal y de carga que entra a la ciudad desde el norte y el sur del país.

La Boyacá atraviesa más de 40 barrios de seis localidades y tiene intersecciones con las principales vías que conectan la ciudad de oriente a occidente, como las avenidas Ciudad de Villavicencio, Primero de Mayo, Américas, El Dorado y las calles 13, 68, 80, 127 y 170. Cuenta con capacidad para el paso de 10 mil vehículos por sentido durante las horas pico y hasta el 2007 tenía el segundo mayor promedio de velocidad en la ciudad (42,5 kilómetros por hora en promedio). (El tiempo, (2009, agosto 14), La Avenida Boyacá es el corredor vial más largo y peligroso de Bogotá)

La calle 80, también llamada Avenida Medellín, es una vía también de tipo arterial, que cruza la ciudad de oriente a occidente. Cuenta con dos calzadas de circulación en sentido occidente - oriente donde la calzada externa tiene 4 carriles y la calzada interna 2 carriles; De la misma manera para el sentido oriente - occidente. La velocidad reglamentaria es de 50 km/h.

6.2. Uso del Suelo

Al respecto y de conformidad con el Plano No. 25 "Usos del suelo urbano y de expansión" del Decreto Distrital 190 de 2004 - Plan de Ordenamiento Territorial- , la zona en estudio, se encuentran en Área de Actividad de Comercio y Servicios, zona de Grandes superficies comerciales, con tratamiento de consolidación urbanística, debido a la ubicación de negocios que ofrecen productos en distintas magnitudes, así como grandes centros y superficies comerciales y crecimiento y expansión urbanística.

6.3. Sistema Vial en la Ciudad de Bogotá

El artículo 165 del Decreto 190 de 2004 (Plan de Ordenamiento Territorial) establece los componentes del Subsistema vial así:

- **Malla vial arterial principal:** Es la red de vías de mayor jerarquía, que actúa como soporte de la movilidad y la accesibilidad urbana y regional y de conexión con el resto del país.
- **Malla arterial complementaria:** Es la red de vías que articula operacionalmente los subsistemas de la malla arterial principal, facilita la movilidad de mediana y larga distancia como elemento articulador a escala urbana
- **Malla vial intermedia:** Está constituida por una serie de tramos viales que permean la retícula que conforma las mallas arterial principal y complementaria, sirviendo como alternativa de circulación a éstas. Permite el acceso y la fluidez de la ciudad a escala zonal.
- **Malla vial local:** Está conformada por los tramos viales cuya principal función es la de permitir la accesibilidad a las unidades de vivienda.
- **Malla vial rural:** Vías que comunican los asentamientos humanos entre sí, entre veredas, con la ciudad y la región. En el territorio rural, se definen tres tipos de vías: Principales, Secundarias y corredores de movilidad local rural (CMLR).
- **Intersecciones:** Son soluciones viales, tanto a nivel como a desnivel, que buscan racionalizar y articular correctamente los flujos vehiculares del Sistema Vial, con el fin de incrementar la capacidad vehicular, disminuir los tiempos de viaje y reducir la accidentalidad, la congestión vehicular y el costo de operación de los vehículos (Secretaría distrital de planeación, (s.f.), Vías, Transporte y Servicios Públicos)

6.4. Análisis de la Información

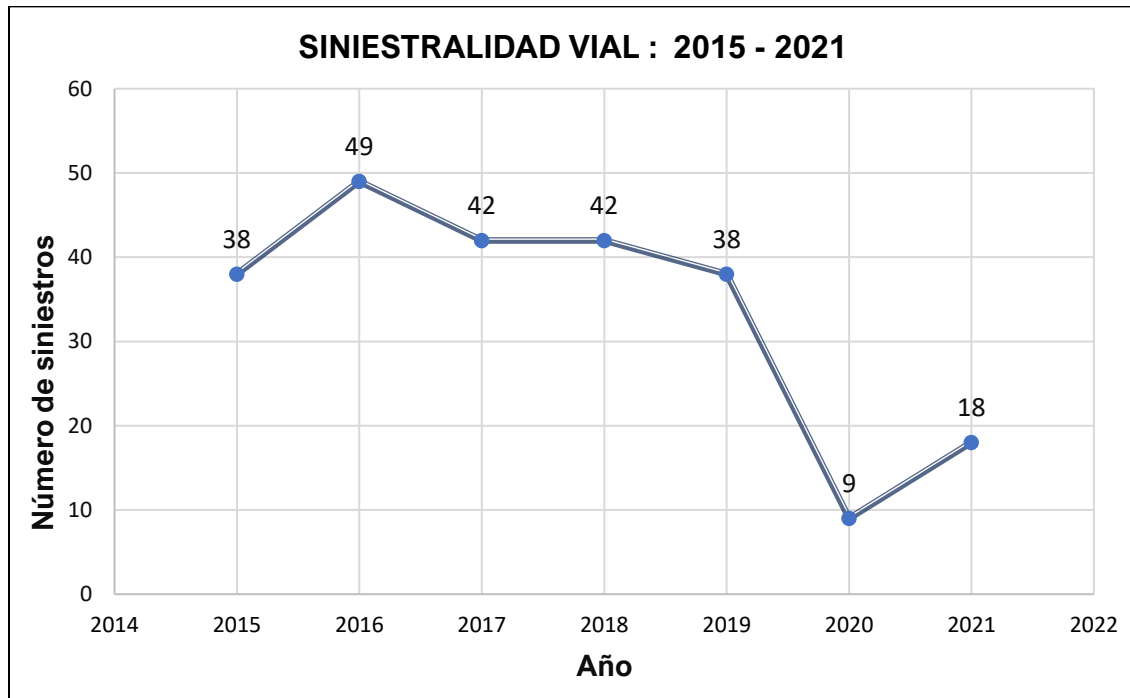
6.4.1. Análisis de Siniestros Viales 2015 – 2021

Según la base de datos de históricos de siniestros, Bogotá, en 7 años transcurridos entre 2015 y 2021, el número de siniestros de tránsito ha cambiado notablemente, mostrando

un incremento desde el 2015 hasta el 2016, a partir de ese punto se observa una disminución hasta el 2020, año con menor siniestralidad, seguido por un nuevo aumento en 2021.

Figura 11.

Siniestralidad vial 2015 – 2021 Avenida Boyacá con calle 80.



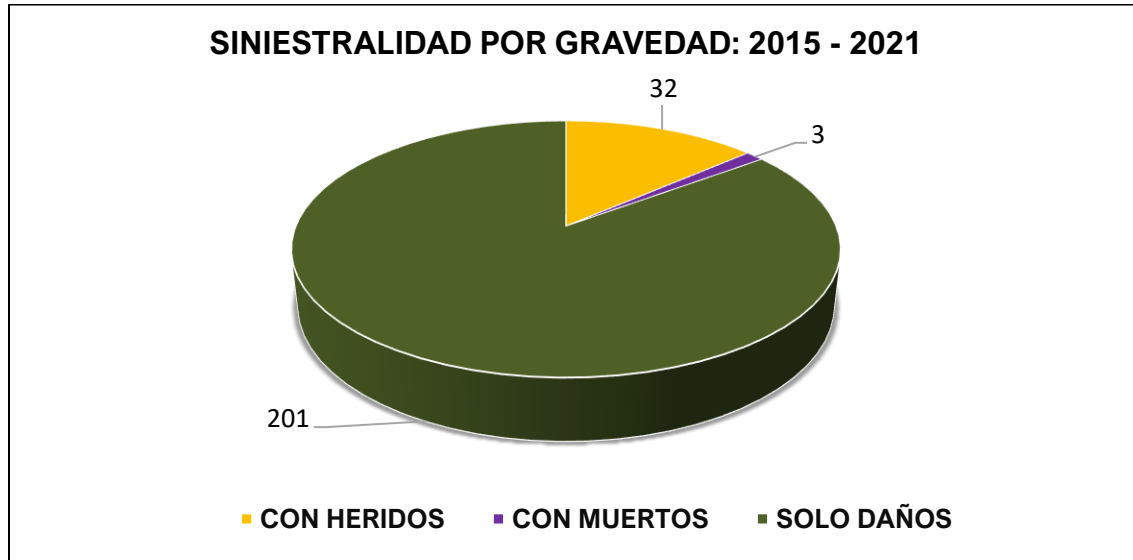
Nota. Elaboración propia con base en información de la base de datos de históricos de siniestros, Bogotá

6.4.2. Análisis de Siniestros Viales por Gravedad, 2015 – 2021

Se puede evidenciar, que, del total de siniestros por año, la mayoría resultaron en solo daños materiales, seguidos por siniestros con heridos y finalmente aquellos con víctimas fatales, según la base de datos de históricos de siniestros, Bogotá. A continuación, se presenta la información relevante que detalla lo anteriormente descrito.

Figura 12.

Siniestralidad por gravedad 2015 – 2021, Avenida Boyacá con calle 80.



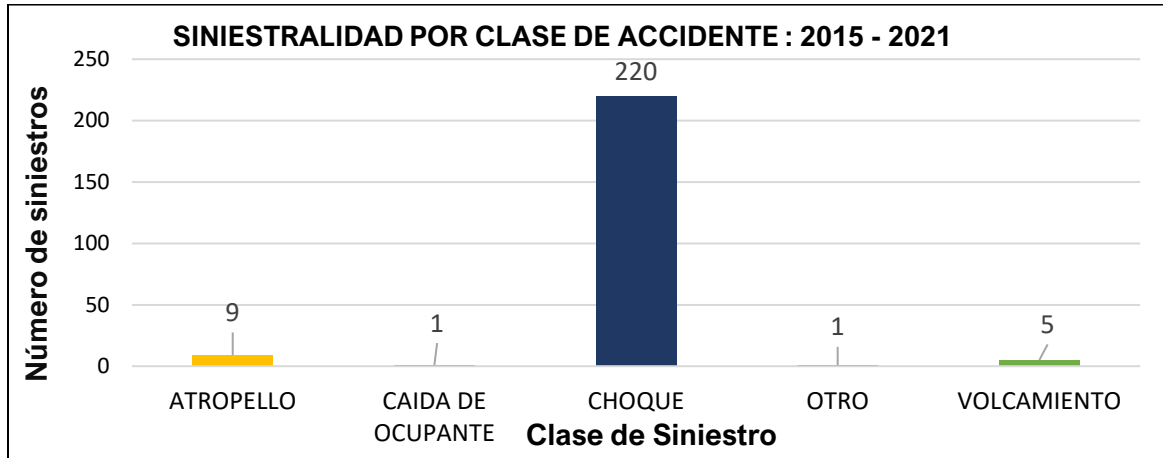
Nota. Elaboración propia con base en información de la base de datos de históricos de siniestros, Bogotá

6.4.3. Análisis de Siniestros Viales por Clase de Siniestro, 2015 – 2021

De acuerdo con los datos suministrados por la base de datos de históricos de siniestros, Bogotá, se encuentran distintas clases de siniestros de tránsito como lo son choques, atropellos, incendio y volcamiento. Se dispone del total de siniestros por tipo, siendo el más común el choque de automóviles, seguido por atropellos, volcadura, caída de ocupantes, y otros, como se puede ver a continuación:

Figura 13.

Siniestralidad por clase de siniestro 2015 – 2021 Avenida Boyacá con calle 80.



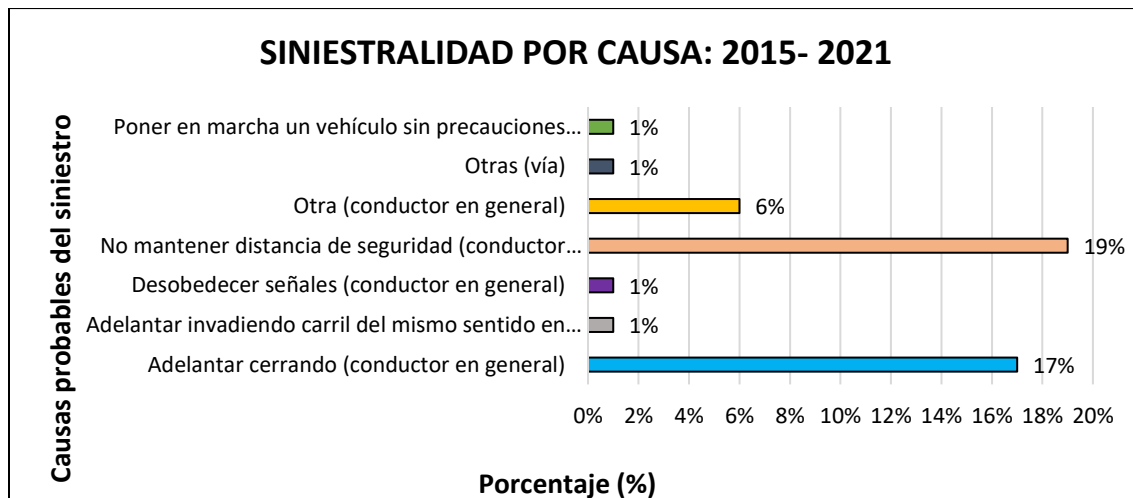
Nota. Elaboración propia con base en información de la base de datos de históricos de siniestros, Bogotá

6.4.4. Análisis de Siniestralidad por Causa, 2015 - 2021

Según la base de datos de siniestros viales consolidados, Bogotá, se tiene el análisis de la siniestralidad por causa, durante el periodo 2015-2021.

Figura 14.

Siniestralidad por causa 2015 – 2021, Avenida Boyacá con calle 80.



Nota. Elaboración propia con base en información de la base de datos de siniestros viales consolidados, Bogotá

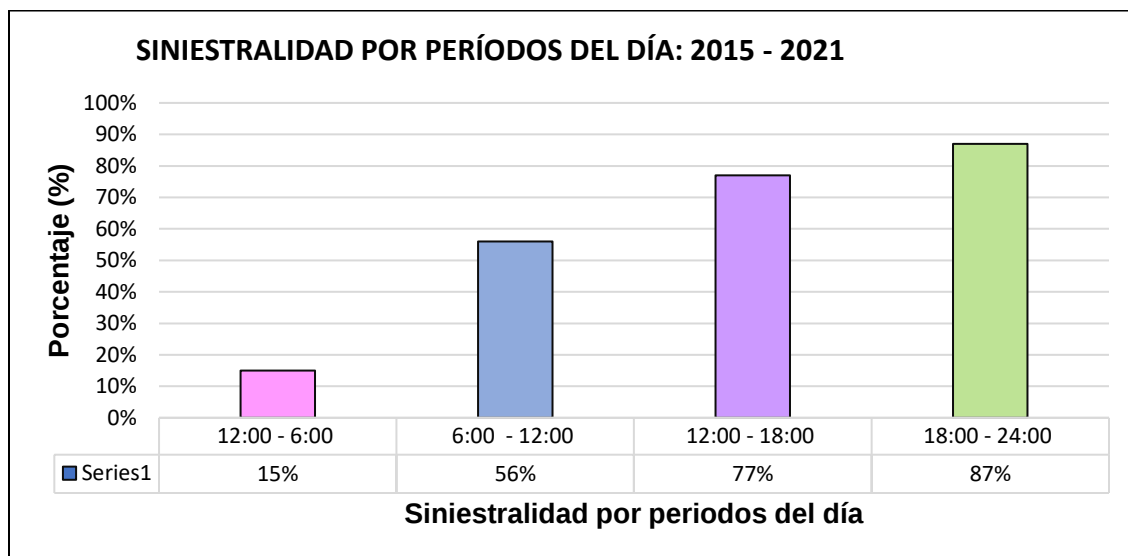
6.4.5. Siniestralidad por Periodos del Día, 2015 - 2021

El comportamiento de la población varía a lo largo del día según las actividades y el volumen de tráfico en las calles de la ciudad.

Con base en el análisis realizado de la base de datos de históricos de siniestros, Bogotá, los mayores índices de siniestralidad en la intersección de la Avenida Boyacá con calle 80, durante el periodo 2015-2021, se presentan en el período comprendido entre las 18 y las 24 horas. Durante ese período influyen factores como el comportamiento de peatones y conductores, la iluminación de la infraestructura, y los horarios laborales, los cuales afectan la movilidad de la zona y aumentan la probabilidad de siniestros de tránsito.

Figura 15.

Siniestralidad por periodos del día 2015 – 2021, Avenida Boyacá con calle 80.



Nota. Elaboración propia con base en información de la base de datos de históricos de siniestros, Bogotá

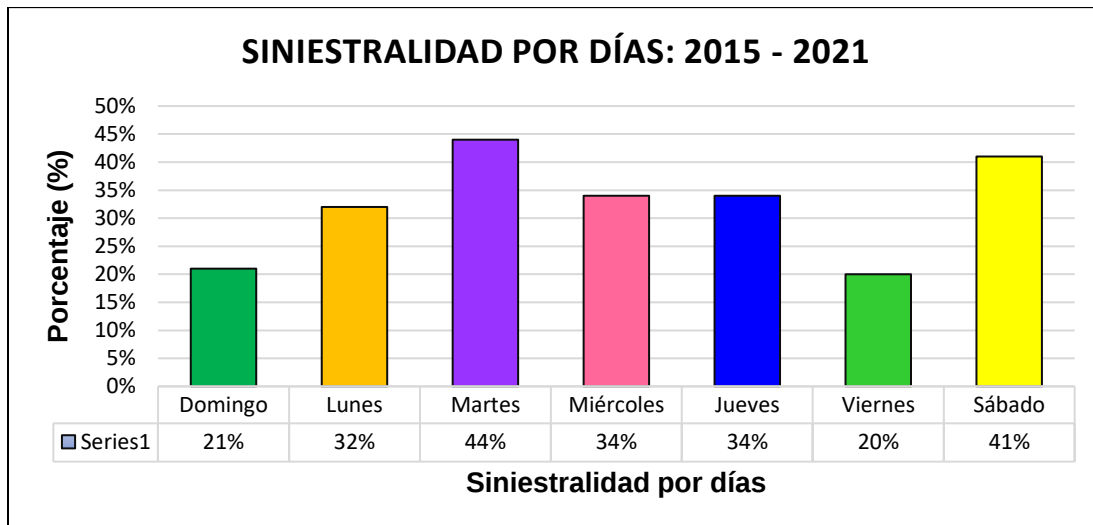
6.4.6. Siniestralidad por Días, 2015 - 2021

Realizando el respectivo análisis de la base de datos de históricos de siniestros, Bogotá, según los días de la semana, los siniestros de tránsito presentaron el siguiente patrón:

Los martes y sábado son de más alta siniestralidad, esto puede ser debido a la gran afluencia de vehículos y peatones en las zonas del sector, tales como: centros controversiales, (Para el caso de estudio: CC. Titan Plaza), discotecas, restaurantes, entre otros.

Figura 16.

Siniestralidad por días 2015 – 2021 Avenida Boyacá con calle 80.



Nota. Elaboración propia con base en información de la base de datos de históricos de siniestros, Bogotá

6.4.7. Siniestralidad por Localidad.

Bogotá está dividida administrativamente en 20 localidades: Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Bosa, Kennedy, Fontibón, Engativá, Suba, Barrios Unidos, Teusaquillo, Mártires, Antonio Nariño, Puente Aranda, Candelaria, Rafael Uribe, Ciudad Bolívar, Sumapaz.

El boletín de 2015 de la Secretaría Distrital de Movilidad registra las cifras de siniestralidad en cada localidad de la ciudad para identificar los puntos críticos. Según estas cifras, la localidad de Engativá (Localidad de punto de estudio) presenta el mayor número de personas lesionadas por condición, seguida por los Mártires, Kennedy, Teusaquillo y una menor influencia la localidad de Antonio Nariño. (Secretaria De Movilidad, 2015). Mientras tanto, 7 años después, en el año 2022, Engativá sigue estando dentro de las localidades con mayores casos de siniestros viales; de acuerdo con la información suministrada por el anuario de siniestralidad vial de Bogotá, 2022, las localidades de mayor frecuencia de siniestros viales fueron Kennedy, Engativá y Suba, las cuales, en conjunto concentraron el 33% del total de siniestros graves (Secretaría distrital de movilidad, (2022), Mediciones de la siniestralidad vial en Bogotá, Anuario de siniestralidad vial, Bogotá)

Figura 17.

Localidades de mayor frecuencia de siniestros viales durante el año 2022

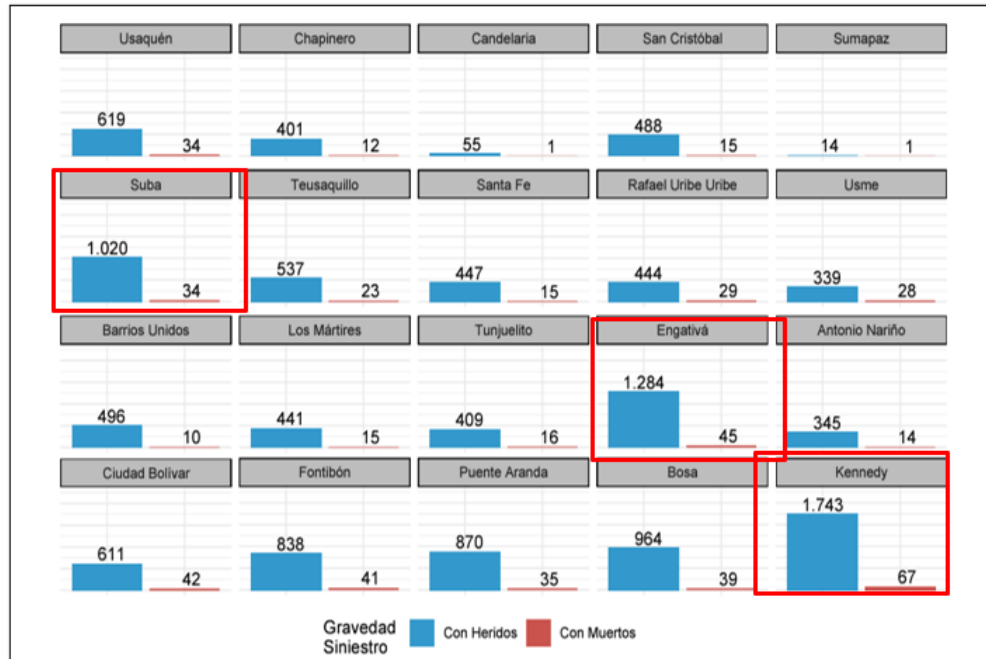


Nota. Tomado de *Mediciones de la siniestralidad vial en Bogotá*, Anuario de siniestralidad vial, Bogotá, Secretaría distrital de movilidad, (2022)

En la Figura 18, podemos ver la distribución de siniestros graves por localidad:

Figura 18.

Distribución de siniestros graves por localidad, 2022



Nota. Tomado de *Mediciones de la siniestralidad vial en Bogotá*, Anuario de siniestralidad vial, Bogotá, Secretaría distrital de movilidad, (2022)

La localidad que presenta mayor siniestralidad es Kennedy, seguida de Engativá y Suba, con un total de 1.743, 1.284 y 1.020 accidentes respectivamente.

7. Análisis de Información Primaria - Inspección de Seguridad Vial (ISV)

Avenida Boyacá con Calle 80

En esta tercera fase, se realiza una inspección de seguridad vial (ISV), la cual tiene como objetivo identificar las características físicas del entorno de la intersección, enfocado no tanto en el factor humano (comportamientos de usuarios de la vía y peatones) si no más que todo en la señalización y diseño geométrico.

7.1. Guía Técnica o Normativa Base

Para la realización de la ISV para el caso de estudio, se adoptaron los lineamientos establecidos en la Guía técnica de auditorías e inspecciones de seguridad vial para Colombia, Agencia Nacional de seguridad vial (ANSV), 2021 y en la guía de auditorías de seguridad vial para vías urbanas, Alcaldía de Bogotá. A continuación, se detallan los tres pasos básicos de la metodología de valoración de riesgos, según la Guía técnica de auditorías e inspecciones de seguridad vial para Colombia.

7.1.1. Identificación del Riesgo

El objetivo de la identificación del riesgo es descubrir, reconocer y registrar los riesgos presentes en un proyecto de infraestructura vial, esto es, identificar las situaciones que pudiesen afectar a los usuarios de la vía durante la fase de operación, así como sus causas.

7.1.2. Análisis del Riesgo

Existen diversos métodos para el análisis del riesgo, uno de los más utilizados corresponde a la matriz probabilidad/consecuencia (2010, Bestratén). Esta matriz se utiliza para identificar el nivel de riesgo de los hallazgos y para priorizar el tratamiento sugerido, a partir de dos factores claves:

- La probabilidad de que se produzca un accidente de tránsito cuando se está expuesto al riesgo.
- Las consecuencias esperadas en caso de producirse un accidente de tránsito.

a. Estimación de la probabilidad

La probabilidad de que se produzca un accidente de tránsito puede ser estimada en función de la deficiencia y de la exposición del usuario a dicha deficiencia (2010, Bestratén). La probabilidad se expresa como:

$$NP = ND * NE$$

Donde:

NP: Nivel de probabilidad

ND: Nivel de deficiencia

NE: Nivel de exposición

Nivel de Deficiencia (ND): Se define como la fuente potencial para que se produzca un accidente de tránsito y está relacionada directamente con factores externos al usuario de la vía (p.e. infraestructura, clima, entre otras). (ANSV, 2021, Guía Técnica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial para Colombia). El nivel de deficiencia tiene las siguientes definiciones y valores en función de la potencialidad de accidentes y las medidas existentes:

Tabla 3.

Definiciones y valores según su potencialidad de accidentes

NIVEL DE DEFICIENCIA	VALOR DE ND	SIGNIFICADO
Muy alto (MA)	10	Se ha(n) identificado hallazgo(s) que puede(n) dar lugar a accidente(s) de tránsito con víctimas fatales o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo es nula, o ambos.

NIVEL DE DEFICIENCIA	VALOR DE ND	SIGNIFICADO
Alto (A)	6	Se ha(n) identificado algún(os) hallazgo(s) que puede(n) dar lugar a accidente(s) de tránsito con víctimas no fatales, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderada, o ambos.
Medio (M)	2	Se han identificado hallazgos que pueden dar lugar a accidentes de tránsito, sin víctimas, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es baja, o ambos.

Nota. Tomado de *Guía Técnica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial* para Colombia, ANSV 2021.

Nivel de Exposición (NE): Medida de frecuencia que está relacionada con el tiempo al que están expuestos los usuarios de la vía a una deficiencia determinada. (ANSV, 2021, *Guía Técnica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial* para Colombia). El nivel de exposición tiene las siguientes definiciones y valores en función de la permanencia de la exposición:

Tabla 4.

Definiciones y valores según su permanencia de la exposición en el tiempo

Nivel de Exposición	Valor de NE	Significado
Continua (EC)	4	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante el día.
Frecuente (EF)	3	La situación de exposición se presenta varias veces durante el día por tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	La situación de exposición se presenta alguna vez durante el día y por un período de tiempo corto.
Esporádica (EE)	1	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

Nota. Tomado de *Guía Técnica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial* para Colombia, ANSV 2021.

Nivel de Probabilidad (NP): Se presentan cuatro categorías o niveles de probabilidad, definidos de la siguiente manera:

Tabla 5.

Niveles de probabilidad

Nivel de Probabilidad	Valor de NP	Significado
Probable (P)	Entre 40 y 24	Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia (una vez o más por día o semana).
Ocasional (O)	Entre 20 y 10	La materialización del riesgo es posible que suceda una vez o más por mes o año (pero menos que una vez por semana).
Remoto (R)	Entre 8 y 6	Es posible la materialización del riesgo suceda una vez cada dos, cinco o diez años.
Improbable (I)	Entre 4 y 2	No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible (menos de una vez cada diez años).

Nota. Tomado de *Guía Técnica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial para Colombia*, ANSV 2021.

b. Estimación de las consecuencias

Dependiendo del valor de la multiplicación anterior, seguidamente, se hace la estimación de las consecuencias, teniendo en cuenta las definiciones de la Tabla 6.

Tabla 6.

Niveles de consecuencias

NIVEL DE CONSECUENCIAS	VALOR DE NC	DESCRIPCIÓN	ALGUNAS CONSIDERACIONES
Crítico (C)	100	Probables múltiples muertes	- Colisión a alta velocidad. - Múltiples vehículos involucrados. - Vehículos de transportes de combustibles involucrados. - Colisiones dentro de un túnel o sobre un puente.
Alto (A)	50	Probable muerte y/o afectaciones severas humanas.	- Colisión a alta o media velocidad. - Colisión con objeto fijo. - Peatón, ciclista o motociclista golpeados a una velocidad alta.
Moderado (M)	25	Probables heridos	- Colisión a media velocidad. - Caídas de ciclistas o motociclista a media velocidad. - Colisión simple en lugares con señal de ceda el paso. - Colisión simple en lugares con giros (izq. Y der.)
Leve (L)	10	Probables daños materiales	- Colisión a baja velocidad. - Peatones tropiezan con objetos (sin heridas en la cabeza) - Colisión simple con objeto fijo (reversa).

Nota. Tomado de *Guía Técnica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial para Colombia*, ANSV 2021

c. Determinación del nivel de riesgo

La determinación del nivel de riesgo se obtiene con la combinación de las consecuencias y la probabilidad, mediante la agrupación de los diferentes valores obtenidos.

En la Tabla 7, se presenta la matriz para determinar el nivel de riesgo:

Tabla 7.

Matriz para determinar Nivel de Riesgo

NIVEL DE RIESGO (NR)			NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)			
			2-4	6-8	10-20	24-40
			Improbable (I)	Remoto (R)	Ocasional (O)	Probable (P)
NIVEL DE CONSECUENCIAS (NC)	Crítico (C)	100	II	I	I	I
	Alto (A)	50	III	II	I	I
	Moderado (M)	25	IV	III	II	I
	Leve (L)	10	IV	IV	III	II

Nota. Tomado de Guía Técnica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial para Colombia, ANSV 2021.

7.1.3. Evaluación del riesgo

Es la definición del tratamiento sugerido para el hallazgo de acuerdo con el nivel de riesgo. El enfoque planteado para el tratamiento de los hallazgos se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8.

Tratamiento sugerido

Nivel de Riesgo	Significado	Tratamiento sugerido
I	Intolerable	Corrección urgente. Es prioritaria la reducción del riesgo.
II	Alto	Corrección. Es importante la reducción del riesgo.
II	Medio	Realización de acciones correctivas basado en un análisis del costo vs el impacto.
IV	Bajo	Posibilidad de corrección solo cuando un análisis detallado lo justifique.

Nota. Tomado de Guía Técnica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial para Colombia, ANSV 2021.

7.2. Análisis de la ISV

7.2.1. Ficha de Hallazgo:

Se desarrolla la ficha de hallazgo, donde se identifica, describe y evalúa cada uno de los elementos del proyecto de infraestructura que representen riesgos en la seguridad vial para los usuarios. Esta ficha de hallazgo se desarrolla de acuerdo con lo establecido en la (ANSV, 2021, Guía Técnica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial para Colombia).

Tabla 9.

Ficha de Hallazgo

IDENTIFICACIÓN DEL HALLAZGO			
Ficha No.	ISV-001	Fecha de creación	11/04/2024
Departamento	Cundinamarca	Municipio	Bogotá
Zona	Urbana	Categoría de la vía	Malla Vial Arterial
Sentido			
Tipo de Hallazgo			
Características generales	Intersección Avenida Boyacá con calle 80, Bogotá: La Avenida Boyacá, también conocida como carrera 72 (AK 72), es una vía de tipo arterial que recorre la ciudad de Norte a Sur. Esta Avenida en sentido norte - sur está compuesta por 2 calzadas de circulación, una interna con 3 carriles y una externa con 2 carriles; De la misma manera, para el sentido sur – norte. La velocidad reglamentaria es de 50 km/h. La calle 80, también llamada Avenida Medellín, es una vía también de tipo arterial, que recorre la ciudad de oriente a occidente. Cuenta con dos calzadas de circulación en sentido occidente - oriente donde la calzada externa tiene 4 carriles y la calzada interna 2 carriles; De la misma manera para el sentido oriente - occidente. La velocidad reglamentaria es de 50 km/h.		
Autor	Linda Nathali Arregoces Estrada		
ANÁLISIS			
Descripción del Hallazgo			
Nivel de deficiencia (DF)	Muy alto (MA)	Alto (A)	Medio (M)
Nivel de exposición (NE)	Continua (EC)	Frecuente (EF)	Ocasional (EO) Esporádica (EE)
Nivel de probabilidad (NP)	Probable (P)	Ocasional (O)	Remoto (R) Improbable (I)
Nivel de consecuencias (NC)	Crítico (C)	Alto (A)	Moderado (M) Leve (L)
Consecuencias del accidente			
Observaciones:	-		

NIVEL DE RIESGO		Nivel de Probabilidad			
		Improbable (I)	Remoto (R)	Ocasional (O)	Probable (P)
Nivel de consecuencias (NC)	Crítico (C)	II	I	I	I
	Alto (A)	III	II	I	I
	Moderado (M)	IV	III	II	I
	Leve (L)	IV	IV	III	II
EVALUACIÓN					
I - Intolerable: Corrección urgente. Es prioritaria la reducción del riesgo.			II - Alto: Corrección. Es importante la reducción del riesgo.		
III - Medio: Realización de acciones correctivas basado en un análisis del costo vs el impacto.			IV - Bajo: Posibilidad de corrección sólo cuando un análisis detallado lo justifique complementación con medidas de control.		
Observaciones:					
EVIDENCIAS					
FOTOGRAFÍA			PLANO/ORTOFOTO		
CONCLUSIONES					

Nota. Elaboración Propia

7.2.2. Tipos de Hallazgos Encontrados:

A continuación, en la Tabla 10, se presentan los tipos de hallazgos encontrados en la ISV, y sus consecuencias. En la Tabla 11, se muestran algunas evidencias de estos hallazgos

Tabla 10.

Tipos de Hallazgos encontrados durante ISV en Avenida Boyacá con Calle 80

HALLAZGO	CONSECUENCIAS
Señalización vertical deficiente, en mal estado, o con poca visibilidad	La ausencia de señalización o señales verticales en mal estado, pueden ocasionar desorientación en los usuarios, al no saber cómo actuar en la vía, que decisiones tomar o que maniobras realizar, pudiendo desencadenar esto en siniestros viales. Se debe tener en cuenta, que toda señal de tránsito para que cumpla integralmente su objetivo debe entre otras cosas, ser visible, llamar la atención, legible, fácil de entender, infundir respeto y ser fácil de entender
Demarcación horizontal deficiente, en mal estado, o con poca visibilidad	La ausencia o deficiencia de demarcación horizontal, dificulta el objetivo de estas, el cual es regular la circulación, advertir o guiar a los usuarios de la vía; Sin estas demarcaciones, al igual que con las señales verticales se puede presentar consecuencias como la desorientación en los usuarios, el no saber cómo actuar en la vía, que decisiones tomar o que maniobras realizar, pudiendo desencadenar esto en siniestros viales. Este hallazgo influye en la causa de siniestralidad

	“Adelantar cerrando (conductor en general) y “No mantener distancia de seguridad (conductor en general)”
Pavimento en mal estado	Un pavimento en mal estado puede ocasionar siniestros como: salida de la vía, colisiones, deslizamientos, distracciones, averías de vehículos, entre otros.
Separador en mal estado	Un separador en mal estado no protege ni evita adecuadamente un cambio o invasión de carril de la vía contraria, lo cual en caso de presentarse este tipo de siniestros las consecuencias pueden ser mortales. Las características físicas de los separadores viales deberían garantizar una gran capacidad para absolver golpes y proteger a los usuarios. Además, estéticamente no es agradable observar un separador en pésimas condiciones.
Parqueadero inadecuado	Los vehículos parqueados en una curva horizontal, puede generar para los demás conductores que transitan esta zona, riesgos de seguridad vial, ya que podrían presentarse siniestros como choques o pérdida de visibilidad.
Obstáculo lateral	Los conductores pueden chocar con el poste de luz, al encontrarse este inmediatamente al borde de vía
Sistema de contención, deficiente o en mal estado	Un sistema de contención vehicular (SCV) es un dispositivo que tiene por objeto reducir la gravedad de las consecuencias de los siniestros por salida de la vía, tanto para los ocupantes del vehículo como para otros usuarios de la vía y terceros situados en las proximidades. Teniendo en cuenta este concepto, las consecuencias de los siniestros por salida de vía al no tener un adecuado sistema de contención, pueden ser mortales.
Dispositivos para la regulación del tránsito en mal estado o incumpliendo especificaciones	Al presentarse este tipo de dispositivos en mal estado, o incumpliendo especificaciones, claramente no cumplen adecuadamente su función de alertar a los conductores de los vehículos cuando se acercan a cambios en las condiciones de la vía o de su entorno, como por ejemplo curvas pronunciadas, entradas a poblados en vías rurales, proximidades a estaciones de peaje, zonas escolares, fin de vía con situación de PARE, y otras singularidades que a veces pueden no ser percibidas adecuadamente por un conductor que no esté totalmente alerta
Iluminación y luminancia deficiente	La deficiente iluminación por debajo del puente brinda inseguridad a los conductores, al pasar de un entorno iluminado, a uno que no, lo que puede incrementar el riesgo de un siniestros, principalmente en horas nocturnas. Este hallazgo es importante tener en cuenta, ya que como vimos, los periodos con mayor siniestralidad son entre las 18 y las 24 horas, justo cuando ha oscurecido.

Nota. Elaboración Propia

Tabla 11.

Hallazgos encontrados

Hallazgo	Evidencias
Señalización vertical deficiente, en mal estado, o con poca visibilidad	
Demarcación horizontal deficiente, en mal estado, o con poca visibilidad	
Pavimento en mal estado	

Separador en mal estado	
Parqueadero inadecuado	
Obstáculo lateral	

Sistema de contención, deficiente o en mal estado	
Dispositivos para la regulación del tránsito en mal estado o incumpliendo especificaciones	
Iluminación y luminancia deficiente	

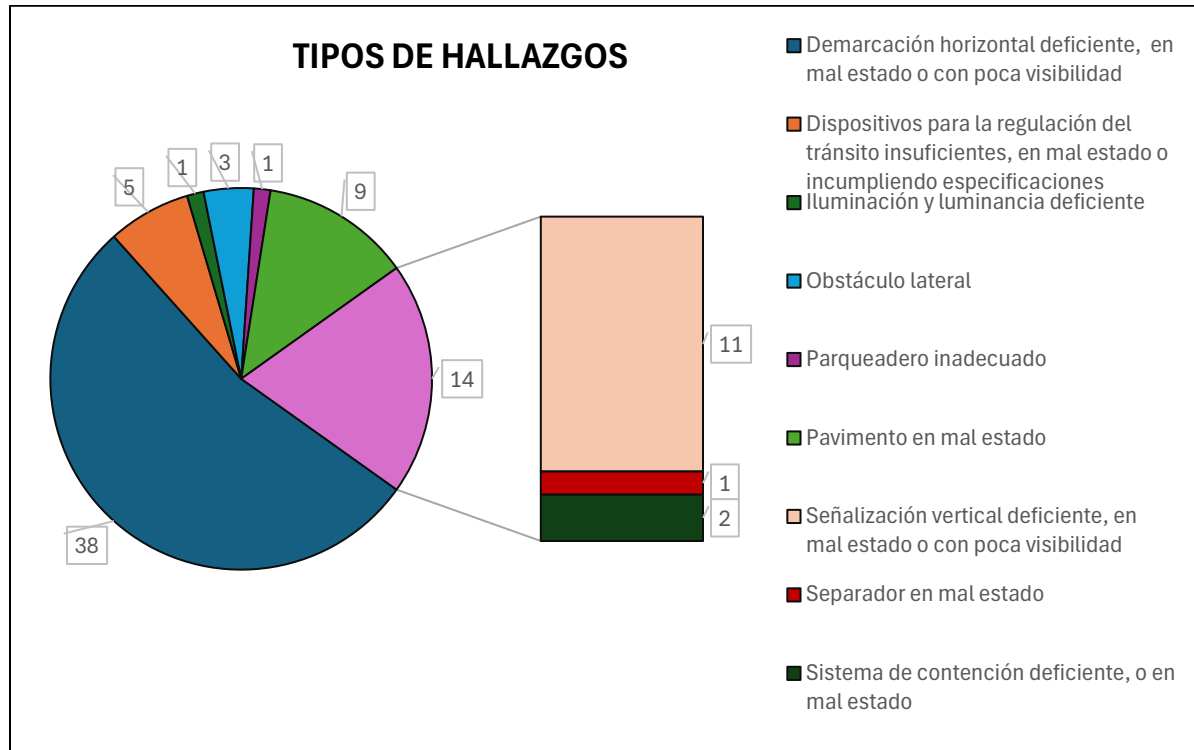
Nota. Fuente: El autor

7.2.3. Número de Hallazgos Encontrados:

En total fueron encontrados setenta y uno (71) hallazgos.

Figura 19.

Tipos y números de hallazgos encontrados



Nota. Elaboración Propia

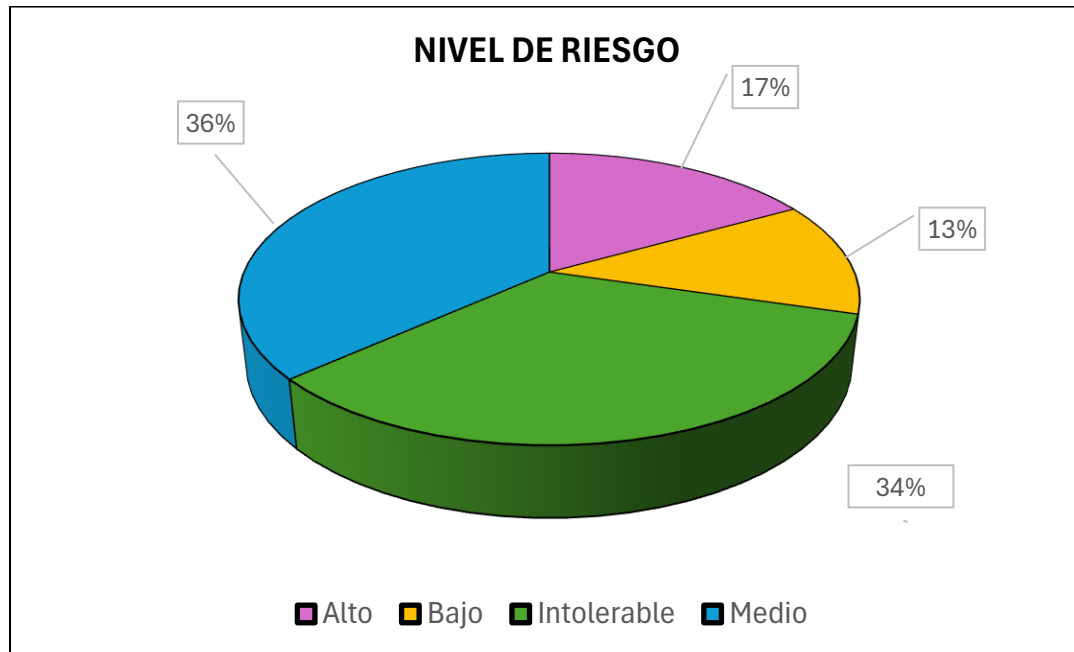
Se evidencia que los hallazgos más frecuentes en la intersección son: “Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad” con un total de 38 veces presentado, seguido de “señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad” con un total de 11 veces y continúa con “Pavimento en mal estado” con un total de 9 veces presentado.

7.2.4. Evaluación de Riesgo:

A continuación, se representa gráficamente la frecuencia de la evaluación de riesgo

Figura 20.

Frecuencia de Nivel de riesgo



Nota. Elaboración Propia

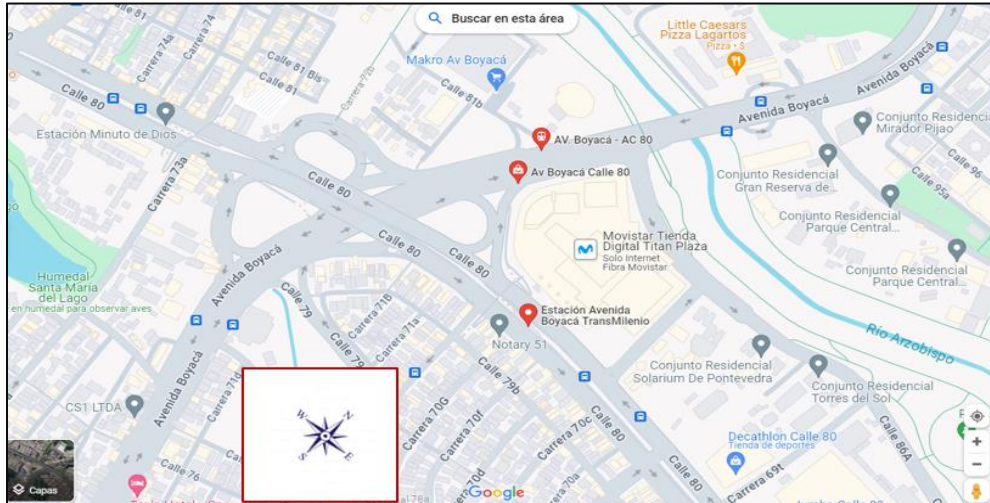
Se puede evidenciar que el nivel de riesgo más frecuente es el “Medio” con un porcentaje de 36%, seguido de “Intolerable” con un porcentaje de “34%”; lo que nos da a entender según el numeral 7.1.3 “Evaluación del riesgo” que los hallazgos deben ser corregido o se debe reducir el riesgo significativamente si el costo del tratamiento es moderado o deben ser corregido incluso a un alto costo.

7.2.5. Hallazgos por Sentido

Con ayuda de Google Maps, ubicamos la intersección en estudio para claramente identificar los sentidos y los hallazgos en cada uno de ellos:

Figura 21.

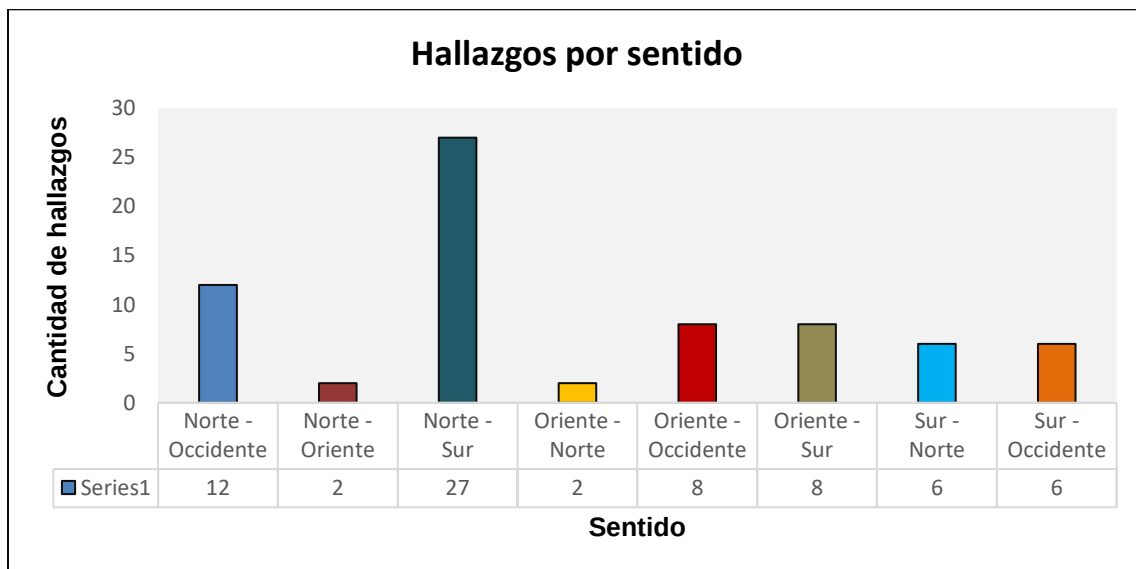
Intersección de Estudio



Nota. Tomado de Google Maps

Figura 22.

Hallazgos por Sentido



Nota. Elaboración Propia

Se puede concluir que la mayor frecuencia de hallazgos encontrados, están en el sentido Norte – Sur, sobre la Avenida Boyacá, seguido del sentido “Norte – Occidente”, en la Calle 80.

7.2.6. Coordenadas de Hallazgos Encontrados

Las coordenadas en una inspección de seguridad vial sirven principalmente para registrar la ubicación exacta de un punto específico en una carretera o vía. Esto es crucial para identificar áreas, problemáticas, o elementos que pueda representar un riesgo para la seguridad vial. Al realizar la ISV, se utilizaron aplicaciones móviles las cuales mientras se hacia el registro fílmico, se tomaban las coordenadas, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 12.

Coordenadas de Hallazgos encontrados

#	COORDENADAS		Tipo de Hallazgo	Evaluación
	Latitud	Longitud		
1	4.694707	-74.09072	Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
2	4.694668	-74.09074	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
3	4.694732	-74.09066	Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Bajo
4	4.694732	-74.09066	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Alto
5	4.694732	-74.09066	Pavimento en mal estado	Medio
6	4.694791	-74.0906	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
7	4.694791	-74.0906	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
8	4.695128	-74.09009	Pavimento en mal estado	Medio
9	4.695128	-74.09009	Separador en mal estado	Intolerable
10	4.695128	-74.09009	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
11	4.695128	-74.09009	Obstáculo lateral	Bajo
12	4.695094	-74.09066	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Alto
13	4.695094	-74.09066	Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Bajo
14	4.695188	-74.09026	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
15	4.695617	-74.08955	Parqueadero inadecuado	Alto
16	4.695617	-74.08955	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
17	4.69614	-74.08917	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
18	4.69614	-74.08917	Pavimento en mal estado	Medio
19	4.696141	-74.08898	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
20	4.696141	-74.08898	Pavimento en mal estado	Medio
21	4.69604	-74.08817	Pavimento en mal estado	Bajo
22	4.69604	-74.08817	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
23	4.69604	-74.08817	Obstáculo lateral	Bajo
24	4.69604	-74.08817	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
25	4.69604	-74.08817	Pavimento en mal estado	Bajo
26	4.695987	-74.08918	Obstáculo lateral	Medio
27	4.695987	-74.08918	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
28	4.695987	-74.08918	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
29	4.695987	-74.08918	Sistema de contención deficiente, o en mal estado	Medio
30	4.695987	-74.08918	Dispositivos para la regulación del tránsito insuficientes, en mal estado o incumpliendo especificaciones	Intolerable
31	4.695987	-74.08918	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio

32	4.695987	-74.08918	Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
33	4.695637	-74.08949	Iluminación y luminancia deficiente	Medio
34	4.696231	-74.08989	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
35	4.696231	-74.08989	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
36	4.696231	-74.08989	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
37	4.696231	-74.08989	Dispositivos para la regulación del tránsito insuficientes, en mal estado o incumpliendo especificaciones	Intolerable
38	4.69614	-74.08881	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
39	4.69614	-74.08881	Dispositivos para la regulación del tránsito insuficientes, en mal estado o incumpliendo especificaciones	Intolerable
40	4.69614	-74.08881	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
41	4.696382	-74.09016	Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Bajo
42	4.696382	-74.09016	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Alto
43	4.696382	-74.09016	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Alto
44	4.696382	-74.09016	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
45	4.696382	-74.09016	Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Bajo
46	4.695936	-74.08675	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
47	4.694794	-74.0875	Pavimento en mal estado	Alto
48	4.694794	-74.0875	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
49	4.69501	-74.0889	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
50	4.69501	-74.0889	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
51	4.69501	-74.0889	Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Bajo
52	4.69501	-74.0889	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
53	4.69501	-74.0889	Pavimento en mal estado	Intolerable
54	4.69501	-74.0889	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
55	4.696023	-74.0867	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
56	4.696023	-74.0867	Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Alto
57	4.696023	-74.0867	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
58	4.696023	-74.0867	Pavimento en mal estado	Medio
59	4.695045	-74.08798	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
60	4.695045	-74.08798	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
61	4.695045	-74.08798	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Alto
62	4.695045	-74.08798	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
63	4.695045	-74.08798	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Intolerable
64	4.695045	-74.08798	Sistema de contención deficiente, o en mal estado	Medio
65	4.695045	-74.08798	Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Medio
66	4.695045	-74.08798	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Alto
67	4.694732	-74.09066	Demarcación horizontal deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Alto
68	4.694668	-74.09074	Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Alto
69	4.695987	-74.08918	Dispositivos para la regulación del tránsito insuficientes, en mal estado o incumpliendo especificaciones	Medio
70	4.69614	-74.08881	Dispositivos para la regulación del tránsito insuficientes, en mal estado o incumpliendo especificaciones	Medio
71	4.69614	-74.08881	Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad	Alto

Nota. Elaboración Propia

7.2.7. Mapa de Calor de Hallazgos

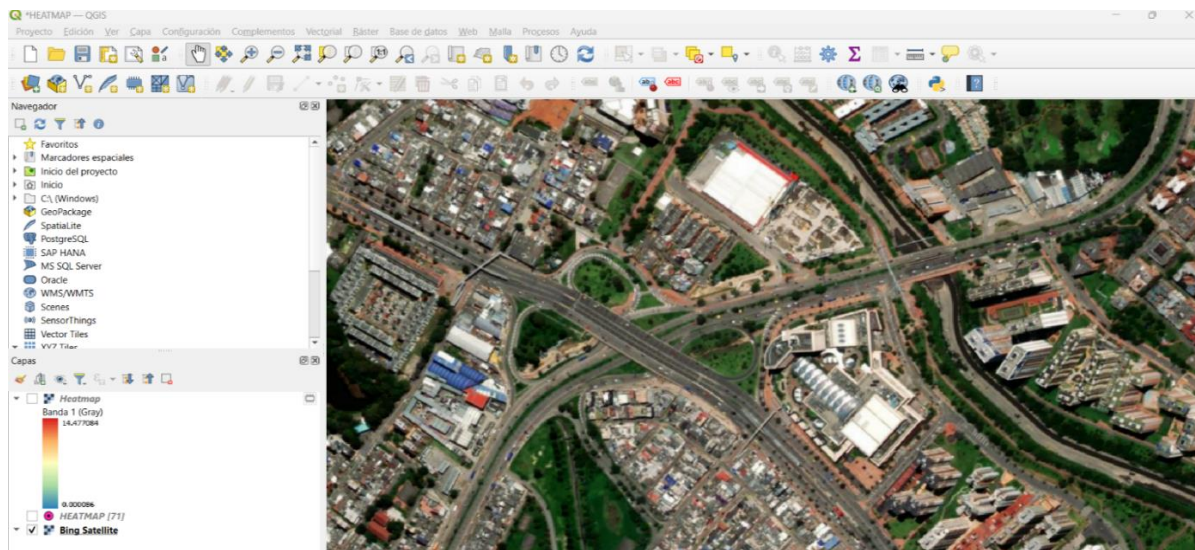
Una vez establecidos los hallazgos y sus coordenadas se ubican en el diagrama de la intersección y se realiza un mapa de calor basados en esta localización geográfica, con el fin de identificar y evaluar la presencia de los sitios o puntos donde se presentan más riesgos o condiciones de peligros y por lo tanto deben ser priorizados.

Para crear el mapa de calor utilizamos la densidad de Kernel, en el software QGIS, que nos muestra dónde están concentrados los datos en un espacio bidimensional, como un mapa o una imagen, es decir se resaltan las áreas donde hay más actividad o concentración de puntos, como se muestra a continuación:

- Se añade el mapa base “Bing satellite”, donde se ubica la intersección en estudio:

Figura 23.

Mapa Base “Bing Satellite”

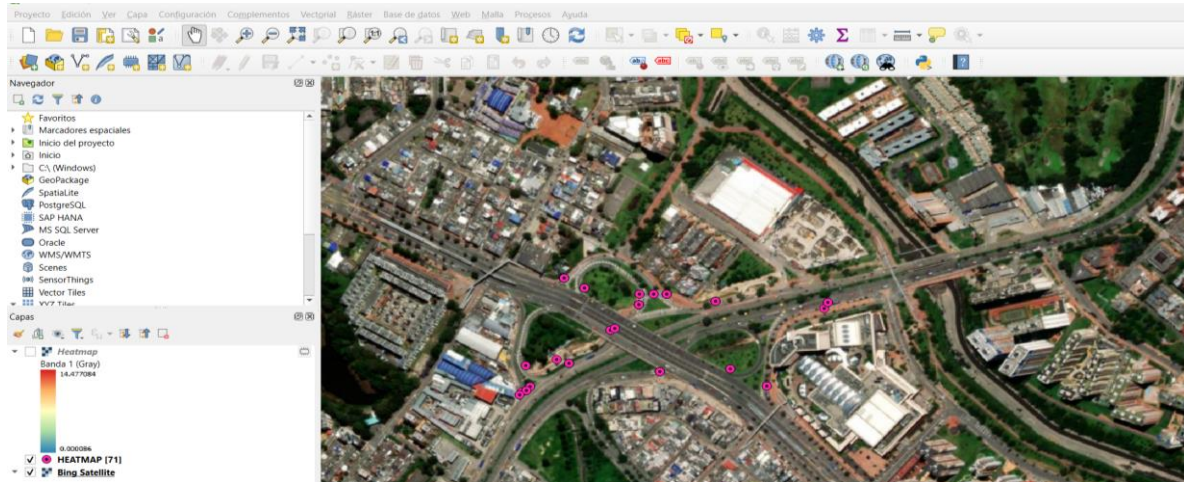


Nota. Elaboración Propia

- Se exportan a Qgis las coordenadas de los hallazgos. Figura 24
- Posteriormente se hace el mapa de calor, donde podemos evidenciar los sectores con más hallazgos o riesgos para la seguridad vial de la intersección. Figura 25.

Figura 24.

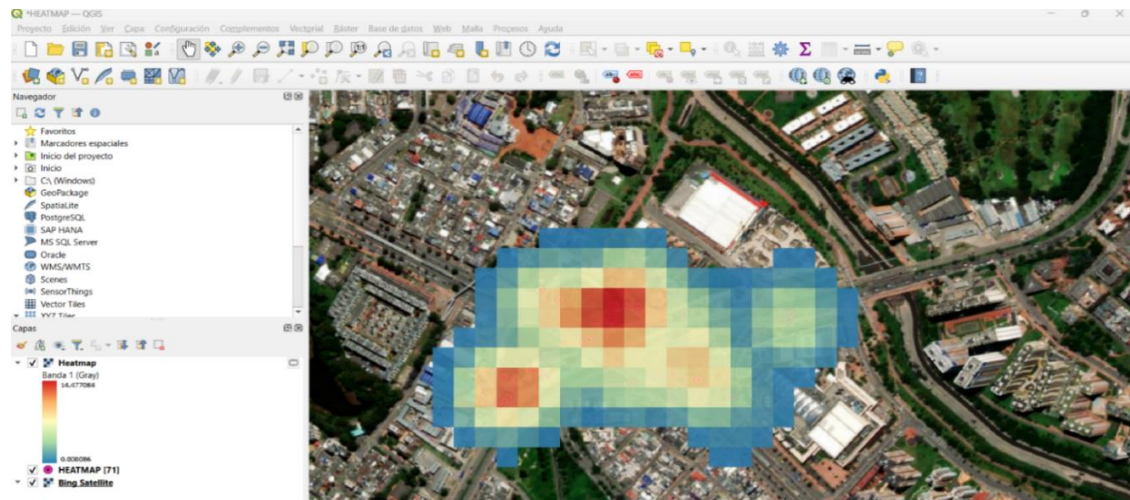
Hallazgos localizados en Qgis



Nota. Elaboración Propia

Figura 25.

Mapa de calor hallazgos



Nota. Elaboración Propia

Como conclusión de este mapa de calor realizado, podemos evidenciar que se relaciona con lo presentado en el numeral 7.2.5. “Hallazgos por sentido”, donde evidenciamos que los hallazgos más frecuentes son en el sentido “Norte – Sur” y “Norte – Occidente”.

8. Planteamiento de Soluciones Basadas en Carreteras Autoexplicativas

De acuerdo con los análisis, se puede evidenciar, que la Avenida Boyacá - Calle 80, requiere indudablemente adecuadas medidas de intervención, que ayudaran a mitigar y reducir la siniestralidad, con el fin de gozar y garantizar de una intersección con seguridad vial óptima.

a. Señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad

Se recomienda la instalación o el reemplazo de la señal verticales, con el fin de brindar una mejor guía a los usuarios.

- Comparación con implementación de medidas básicas

Figura 26.

Comparación con medidas básicas en señalización vertical deficiente, en mal estado o con poca visibilidad



Nota. Fuente: El autor

- Ejemplo “Inteligente” y adecuado del hallazgo

Es importante que las señales de tránsito cuenten con buena reflectividad. De acuerdo con la Administración Federal de Carreteras (FHWA), la mitad de los accidentes de tránsito ocurren por la noche, aunque las horas nocturnas representan sólo una cuarta parte de las millas totales de vehículos conducidas.

Un estudio reciente en la Universidad de Iowa encontró una relación directa entre el brillo de una señal y la habilidad de un conductor para ver la señal y su mensaje. Los participantes del estudio fueron capaces de leer y entender las señales más brillantes de forma sustancialmente más rápida. Este estudio sugiere que las señales más brillantes requieren menos atención fuera de la carretera y más tiempo para asistir a la tarea de conducción, que está directamente relacionada con la seguridad. (3M, (s.f.), Señales más brillantes significan caminos más seguros)

Figura 27.

Señales de tráfico ASTM Tipo XI



Nota. Tomado de Señales más brillantes significan caminos más seguros [Fotografía],

3M, (s.f), <https://www.3m.com.co/>

Figura 28.

Señal vertical inteligente para paso de peatones



Nota. Tomado de *Instalación señalización luminosa para evitar deslumbramientos*, [Fotografía], Decide Madrid, 2018, <https://decide.madrid.es/presupuestos/presupuestos-participativos-2018/proyecto/11966>

- **Normatividad Colombiana:**

El nivel de retrorreflexión requerido para una señal depende fundamentalmente de su localización, y los valores indicados en las Tablas 13 y Tabla 14. Para señales ubicadas a la izquierda se debe aumentar el valor por un factor de 1,5 y para las elevadas por un factor de 3. (Manual de señalización, Ministerio de transporte, 2015, pp 21, Bogotá)

Tabla 13.

Niveles mínimos de retrorreflexión - Lámina tipo III

Tabla 2.1-3 Niveles mínimos de retrorreflexión								
Ángulo de Observación	Ángulo de entrada	Blanco	Amarillo	Naranja	Verde	Rojo	Azul	Marrón
0,1° ^B	-4°	300	200	120	54	54	24	14
0,1° ^B	+30°	180	120	72	62	32	14	10
0,2°	-4°	250	170	100	45	45	20	12
0,2°	+30°	150	100	60	25	25	11	8,5
0,5°	-4°	95	62	30	15	15	7,5	5,0
0,5°	+30°	65	45	25	10	10	5,0	3,5
A Coeficiente mínimo de retrorreflexión ($R_{\min}$) ($\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^2$) $\text{cd}/\text{fc}/\text{pies}^2$ B Los valores para el ángulo de observación de 0,1° son requisitos complementarios que se deben aplicar únicamente cuando lo especifica el comprador en el contrato o la orden.								

Nota. Tomado de *Manual de señalización vial*, Ministerio de transporte, 2015

Tabla 14.

Niveles mínimos de retrorreflexión - Lámina tipo IV

Tabla 2.1-4 Niveles mínimos de retrorreflexión											
Ángulo de Observación	Ángulo de entrada	Blanco	Amarillo	Naranja	Verde	Rojo	Azul	Marrón	Amarillo-verde fluorescente	Amarillo fluorescente	Naranja fluorescente
0,1°	-4°	500	380	200	70	90	42	25	400	300	150
0,1°	+30°	240	175	94	32	42	20	12	185	140	70
0,2°	-4°	360	270	145	50	65	30	18	290	220	105
0,2°	+30°	170	135	68	25	30	14	8,5	135	100	50
0,5°	-4°	150	110	60	21	27	13	7,5	120	90	45
0,5°	+30°	72	54	28	10	13	6	3,5	55	40	22

A Coeficiente mínimo de retrorreflexión (R_d) ($\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) $\text{cd}/\text{fc}/\text{pies}^2$
 B Los valores para ángulos de observación de 0,1° son requisitos complementarios que se deben aplicar únicamente cuando lo especifica el comprador en el contrato o la orden de compra.

Nota. Tomado de *Manual de señalización vial*, Ministerio de transporte, 2015

b. Demarcación horizontal deficiente en mal estado o con poca visibilidad:

Es recomendable realizar adecuadamente la demarcación, con el fin de brindar una mejor guía a los usuarios y evitar las causas de siniestralidad “Adelantar cerrando (conductor en general) y “No mantener distancia de seguridad (conductor en general)” numeral 6.4.4.

- **En ciclovías:**

El incremento de uso de ciclovías en áreas urbanas tiene ventajas notables, como aliviar el tráfico. Sin embargo, pedalear en lugares urbanos congestionados puede ser arriesgado. Las ciclovías protegidas ofrecen seguridad y espacio dedicado para los ciclistas

➤ **Comparación con implementación de medidas básicas**

Figura 29.

Comparación con medidas básicas para demarcación horizontal deficiente en mal estado o con poca visibilidad



Nota. Fuente: El autor

➤ **Ejemplos de medidas “Inteligentes” del hallazgo para implementar**

- ✓ **Carril bici luminoso:** Surge del análisis de los distintos puntos urbanos en los que peatones, ciclistas y vehículos coinciden en su circulación, aumentando de forma considerable el riesgo para los usuarios más vulnerables (peatones y ciclistas). El sistema consiste en la implantación de varias placas lumínicas instaladas sobre el firme del carril bici, situadas en la linde con la calzada como medio de separación, y en las inmediaciones de un paso de peatones. De este modo se pretende alertar tanto a los conductores de los vehículos que circulan sobre la calzada acerca de la proximidad a un ciclista, como a alertar al propio ciclista de la cercanía de un paso de peatones con usuarios cruzando. (Interlight, (s.f.), carriles bici luminosos)

Figura 30.

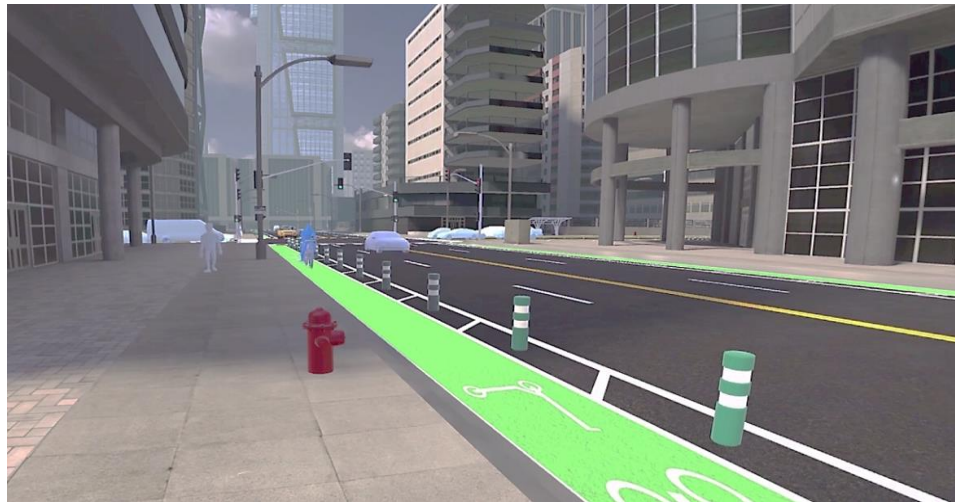
Carril bici luminoso inteligente



Nota. Tomado de *carriles bici luminosos*, [Fotografía], Interlight, (s.f),
<https://interlight.es/carril-bici-luminoso/#>

Figura 31.

Ciclovía peatonal segura



Nota. Tomado de *Seguridad Vial* [Fotografía], 3M, (s.f), <https://www.3m.com.co/>

- **Demarcación de pavimento con líneas longitudinales**
 - **Comparación con implementación de medidas básicas**

Figura 32.

Comparación con implementación de medidas básicas, Demarcación de pavimento



Nota. Fuente: El autor

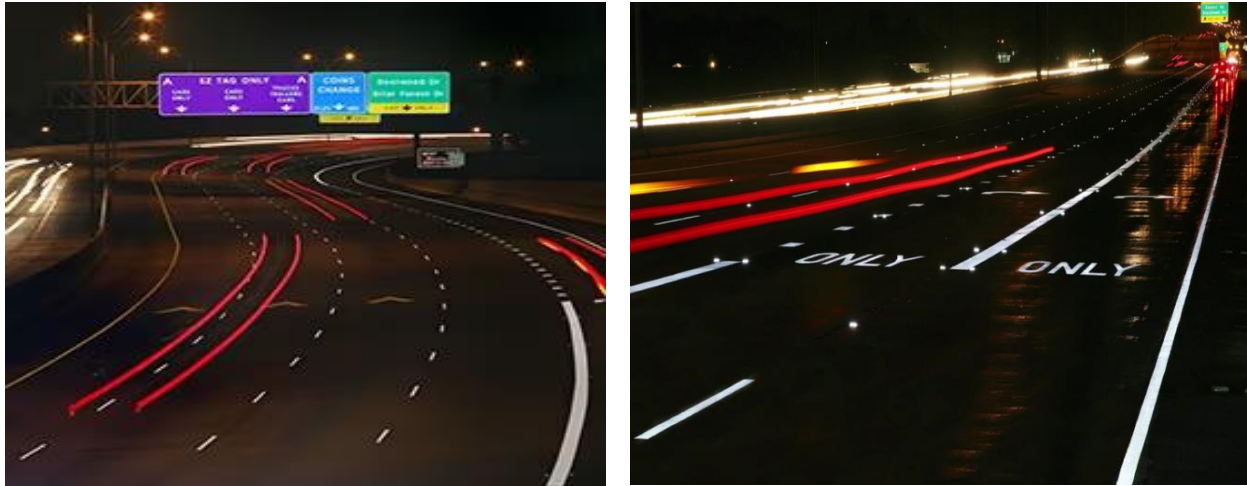
➤ **Ejemplos de medidas “Inteligentes” del hallazgo para implementar**

Se pueden usar láminas reflectantes con el fin de hacer la demarcación más visible:

“La Lámina Reflectante Grado Diamante Cúbico™ DG³ de 3M™ es nuestra lámina reflectante de calidad superior. Con casi el doble de reflectividad que nuestro material de reflectividad básica, la Lámina Reflectante Grado Diamante Cúbico™ DG³ de 3M™ ayuda a crear señales más visibles y se demostró que estas señales más visibles reducen los accidentes nocturnos en hasta un 46%.” (3M, (s.f.), Burlar la oscuridad)

Figura 33.

Láminas Reflectantes Grado Diamante Cúbico™ DG³ de 3M™



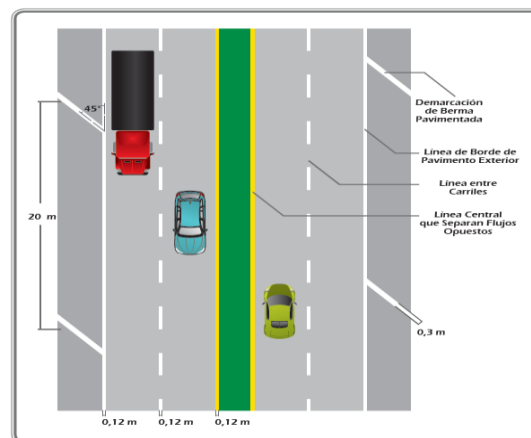
Nota. Tomado de *Demarcación de Pavimentos* [Fotografía], 3M, (s.f),
<https://www.3m.com.co/>

➤ Normatividad Colombiana:

Las líneas longitudinales se emplean para delimitar carriles y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar o cambiar de carril; zonas con prohibición de estacionar; y para delimitar carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos. (Manual de señalización, Ministerio de transporte, 2015, pp 366, Bogotá)

Figura 34.

Líneas longitudinales



Nota. Tomado de *Manual de señalización vial*, Ministerio de transporte, 2015

- **Pasos peatonales**

- **Comparación con implementación de medidas básicas**

Figura 35.

Comparación con implementación de medidas básicas, pasos peatonales



Nota. Fuente: El autor

- **Ejemplos de medidas “Inteligentes” del hallazgo para implementar**

Los dispositivos inteligentes cuentan con un sistema lumínico de LEDS instalado en la calzada de los pasos peatonales que detectan con sensores cuando una persona cruza la calle, y se encienden para dar mayor visibilidad y mejorar la movilidad peatonal. Advierten a los conductores, y son sostenibles ya que cuando finaliza de cruzar el peatón se apagan. Los pasos están complementados con la señalización situada en ambos accesos, señal donde está instalado el sensor que se enciende o apaga cuando hay un peatón.

También se pueden instalar balizas luminosas en los pasos de peatones con el objetivo de alertar a los conductores que se acercan a dicha zona.

Figura 36.

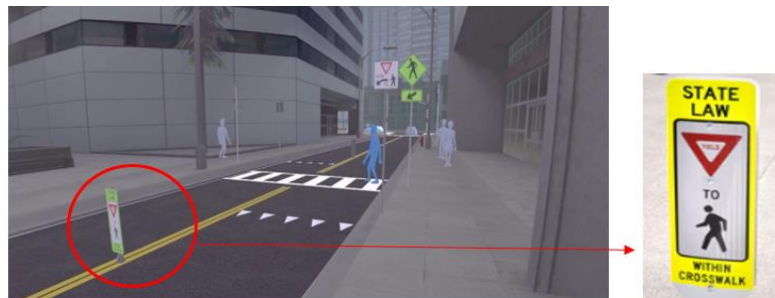
Pasos de peatones inteligentes, Playa San Juan, Alicante



Nota. Tomado de *Los pasos de peatones "inteligentes" llegan a Alicante*, [Fotografía], Alicante, 2022, <https://www.informacion.es/alicante>

Figura 37.

Paso peatonal seguro, lámina reflectante



Nota. Tomado de *Seguridad Vial* [Fotografía], 3M, (s.f), <https://www.3m.com.co/>

Figura 38.

Paso peatonal seguro, Balizas luminosas inteligentes



Nota. Tomado de *Mejorar la señalización y la iluminación para aumentar la seguridad vial* [Fotografía], Movilidad conectada, (2021), movilidadconectada.com

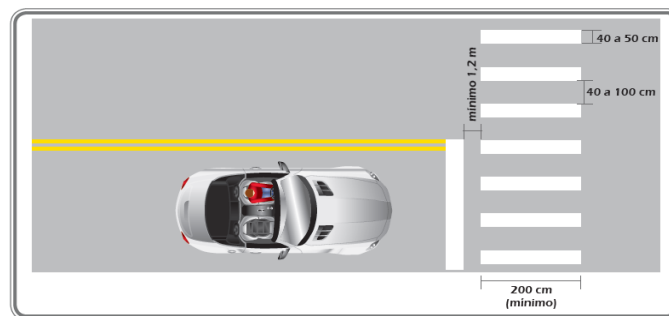
➤ **Normatividad Colombiana:**

Las demarcaciones transversales de los pasos peatonales se emplean para indicar el lugar y la trayectoria que deben seguir los peatones al atravesar una calzada y definir el área donde un conductor podría anticipar la presencia de un peatón, ciclista, persona en silla de ruedas, o similar. Estas marcas son de color blanco (Manual de señalización vial, Ministerio de transporte, 2015, pp 388, Bogotá). El manual propone varios cinco (5) de cruces peatonales:

a. Cruce CEBRA: Consisten en una línea de detención por sentido y una sucesión de líneas paralelas de 40 a 50 cm de ancho, separadas entre sí 40 a 100 cm y colocadas en posición perpendicular al flujo peatonal en forma “cebreada”, con una longitud igual al ancho de las aceras entre las que se encuentren situadas, pero en ningún caso menor de 2,0 m.

Figura 39.

Cruce cebra



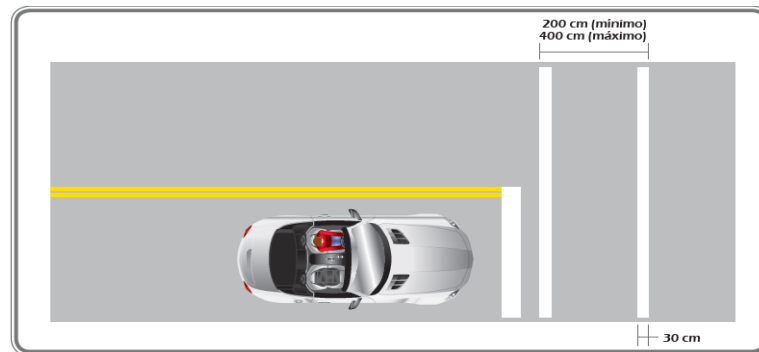
Nota. Tomado de *Manual de señalización vial*, Ministerio de transporte, 2015

b. Cruce Sendero Peatonal: Esta demarcación se puede aplicar a cualquier cruce peatonal ubicado en los accesos o salidas de vías, con o sin semáforos, donde la velocidad operativa sea de 50 km/h o menor. Su demarcación consiste en dos líneas continuas paralelas transversales a la vía, de 30 cm de ancho como mínimo y de color blanco, trazadas con una separación entre ambas que se determina por el ancho

de las aceras entre las que se encuentren situadas. En ningún caso estos cruces tendrán un ancho menor a 2,0 m ni mayor a 4,0 m.

Figura 40.

Cruce sendero peatonal



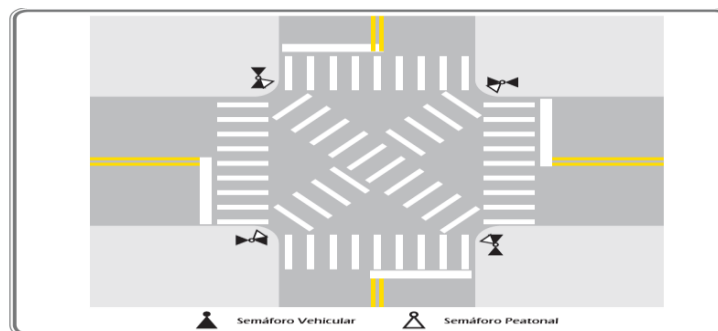
Nota. Tomado de *Manual de señalización vial*, Ministerio de transporte, 2015

c. Cruce Peatonal TODO ROJO, permitiendo al peatón cruzar en

diagonal: Cuando un cruce peatonal, en una intersección vehicular, cuente con una fase protegida TODO ROJO durante la cual se permite al peatón cruzar en forma diagonal y en todas direcciones en la misma fase, se debe demarcar la intersección según lo mostrado en la Figura 41. Se puede aplicar en intersecciones con muy alta demanda peatonal.

Figura 41.

Cruce Vehicular Regulado por Semáforo Todo en Rojo

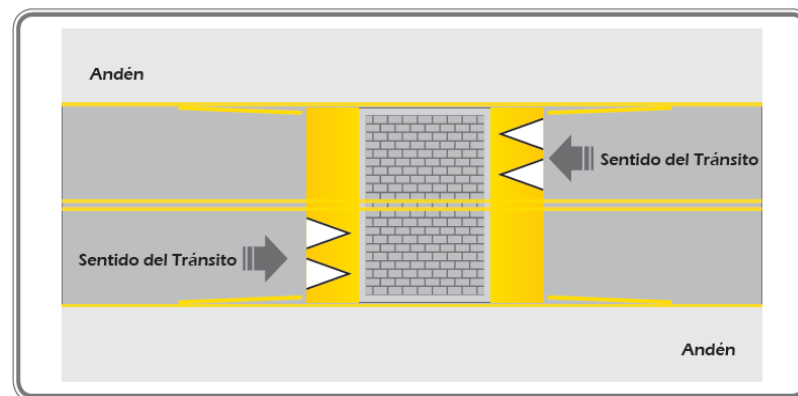


Nota. Tomado de *Manual de señalización vial*, Ministerio de transporte, 2015

d. **Paso peatonal con resalto tipo trapezoidal o pompeyano:** Este paso consiste en una plataforma elevada. Se pueden ubicar en los accesos y salidas de vías que no cuenten con un semáforo. Se pueden emplear en cruces peatonales a mitad de cuadra con semáforos o sin semáforos, adecuando la entrada y salida del resalto mediante rampas para evitar tropezaderos

Figura 42.

Cruce con Resalto Trapezoidal

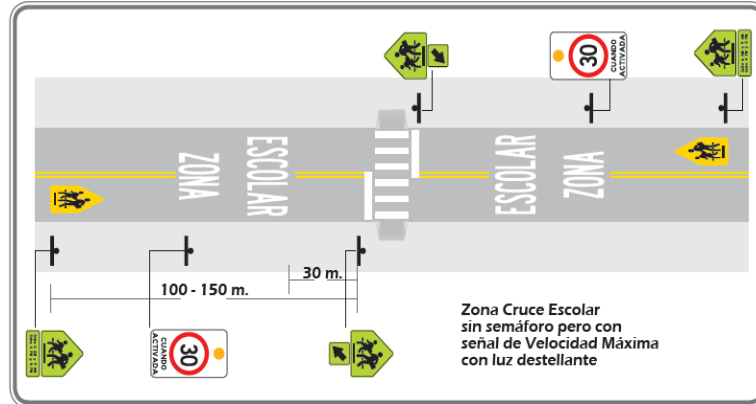


Nota. Tomado de *Manual de señalización vial*, Ministerio de transporte, 2015

e. **Cruce Escolar:** Estos cruces se ubican cercanos a las escuelas y en un lugar con buena visibilidad. Consisten en dos líneas continuas paralelas transversales a la vía, de 30 cm de ancho como mínimo y de color blanco, trazadas con una separación entre ambas que se determina por el número de estudiantes en la escuela, pero en ningún caso menor a 2,0 m ni mayor a 4,0 m. Cuando se trate de una zona con velocidad operativa de 60 km/h o mayor el cruce debe ser cebreado.

Figura 43.

Cruce Escolar



Nota. Tomado de *Manual de señalización vial*, Ministerio de transporte, 2015

c. Pavimento en mal estado

Es recomendable realizar el mantenimiento o reparación del pavimento dañado. Las calles con pavimentos en buen estado son esenciales para la seguridad, la eficiencia del tráfico, el mantenimiento de vehículos, el acceso a servicios de emergencia y el desarrollo económico de una comunidad

- Estado actual del pavimento en algunas zonas

Figura 44.

Estado actual del pavimento en algunas zonas



Nota. Fuente: El autor

- **Ejemplo adecuado del hallazgo para implementar**

Figura 45.

Pavimento en buen estado, calle Asunción, Paraguay



Nota. Tomado de MOPC y municipio mejorarán asfaltados de principales avenidas y calles de Asunción, [Fotografía], IP Agencia de información paraguaya, 2021, <https://www.ip.gov.py/ip/mopc-y-municipio-mejoraran-asfaltados-de-las-principales-avenidas-y-calles-de-asuncion/>

- **Normatividad Colombiana:**

De acuerdo con la metodología empleada por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) para clasificar y definir los tipos de daños en pavimentos flexibles y rígidos, se adoptan las consideraciones de la norma ASTM D 6433-078. Esta norma estandarizada contiene los lineamientos y metodologías del índice de condición del pavimento (PCI) creado por el cuerpo de ingenieros de Estados Unidos. En la Tabla 15, se presentan los tipos de intervención sugeridas por el IDU para pavimentos asfálticos, se observa que a niveles de colores oscuros como el naranja y el rojo se le asignan labores de rehabilitación y reconstrucción.

Tabla 15.

Clasificación de las actividades de acuerdo con el rango PCI

--RANGO--	--CÓDIGO--	-TIPO DE INTERVENCIÓN-
100 – 86	VERDE	Mantenimiento rutinario
85 - 56	AMARILLO	Mantenimiento periódico
55 – 26	NARANJA	Rehabilitación
25 - 0	ROJO	Reconstrucción

Nota. Tomado de *Guía anexo técnico para distritos de conservación, Informe técnico.* p.

55IDU, 2008

d. Separador en mal estado

Es recomendable la instalación de sistemas de contención adecuados y funcionales, con el fin de evitar consecuencias graves de los siniestros que pudiesen tener lugar

- Estado actual del separador central

Figura 46.

Estado actual del separador central



Nota. Fuente: El autor

- Ejemplos “Inteligente” y adecuados del hallazgo para implementar

Figura 47.

Barreras de contención de cables



Nota. Tomado de *No Point*, (s.f), <http://www.no-point.eu/experience.html>

Figura 48.

Sistemas de contención vehicular – Defensas metálicas



Nota. Tomado de *Increasing safety on motorways with barriers*, [Fotografía], Cenpart, 2019, <https://cenpart.co.uk/increasing-safety-on-motorways-with-barriers/>

Figura 49.

Sistemas de contención vehicular – Puente José Celestino Mutis, Bogotá



Nota. Tomado de *Próximo martes se habilitan cuatro carriles del puente José Celestino Mutis*, [Fotografía], 2020, <https://bogota.gov.co/asi-vamos/obras/habilitacion-carriles-del-puente-vehicular-jose-celestino-mutis>

- **Normatividad Colombiana:**

El separador es una zona verde o dura colocada paralelamente al eje de la carretera, para separar sentidos opuestos de tránsito (separador central) o para separar calzadas destinadas al mismo sentido de tránsito (calzadas laterales) y al tratarse de una zona lateral a las calzadas de circulación vehicular reciben un mismo tratamiento en la identificación de peligros y obstáculos que puedan ser impactados durante un siniestro por salida de vía (Metodología para el diseño, selección e instalación de sistemas de contención vehicular, (2022), ANSV). Para la implementación de un sistema de contención se deben tener en cuenta los siguientes parámetros de comportamiento:

- El nivel de contención
- La severidad del impacto
- La deformación lateral del sistema
- La capacidad de redireccionamiento

e. Parqueadero inadecuado

Es recomendable reglamentar la prohibición de parqueo en el sector

- **Comparación con implementación de medidas básicas**

Figura 50.

Comparación con implementación de medidas básicas, Parqueadero inadecuado



Nota. Fuente: El autor

- **Ejemplo “Inteligente” y adecuado del hallazgo para implementar**

Figura 51.

Circulación sin obstáculos debajo de un puente



Nota. Tomado de Puente Vehicular, [Fotografía], Echauri - Morales, 2009,

<https://echaurimorales-arquitectos.com/portfolio/puente-vehicular/>

- **Normatividad Colombiana:**

De acuerdo con la Ley 769 del 6 de agosto de 2002 por medio de la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre, las normas que regulan el estacionamiento en vía pública son:

1. Sobre andenes, zonas verdes o zonas de espacio público destinado para peatones, recreación o conservación.
2. En vías arterias, autopistas, zonas de seguridad, o dentro de un cruce.
3. En vías principales y colectoras en las cuales expresamente se indique la prohibición o la restricción en relación con horarios o tipos de vehículos.
4. En puentes, viaductos, túneles, pasos bajos, estructuras elevadas o en cualquiera de los accesos a estos.
5. Zonas expresamente destinadas para estacionamiento o parada de cierto tipo de vehículos, incluyendo las paradas de vehículos de servicio público, o para limitados físicos.
6. En carriles dedicados a transporte masivo sin autorización.
7. En ciclorrutas o carriles dedicados o con prioridad al tránsito de bicicletas.
8. A una distancia mayor de treinta (30) centímetros de la acera.
9. En doble fila de vehículos estacionados, o frente a hidrantes y entradas de garajes o accesos para personas con discapacidad.
10. En curvas.
11. Donde interfiera con la salida de vehículos estacionados.
12. Donde las autoridades de tránsito lo prohíban.
13. En zona de seguridad y de protección de la vía férrea, en la vía principal, vías secundarias, apartaderos, estaciones y anexidades férreas.

f. Obstáculo lateral

Es recomendable hacer más visible el obstáculo lateral, bien sea con cintas reflectivas o con marcadores de obstáculos.

La presencia de obstáculos laterales en la vía a lo largo del tramo, como árboles, postes de servicios públicos, postes de elementos de señalización vertical, se consideran obstáculos, en caso de los vehículos que salen de la vía. Algunas medidas pueden ser trasladarlos, a una distancia prudente de la zona lateral, o instalar dispositivos de seguridad.

- Estado actual de obstáculo lateral (poste)

Figura 52.

Estado actual de obstáculo lateral (poste)



Nota. Fuente: El autor

- Medidas de mitigación:

Figura 53.

Medidas para reducir el riesgo



Cinta retro reflectiva conspicuity en poste de concreto, instalada a la altura del pecho (1,60m)



Cinta retro reflectiva conspicuity marca 3M para postes y elementos en zonas laterales.

Nota. Tomado de *Láminas reflectantes 3M* [Fotografía], 3M, (s.f),

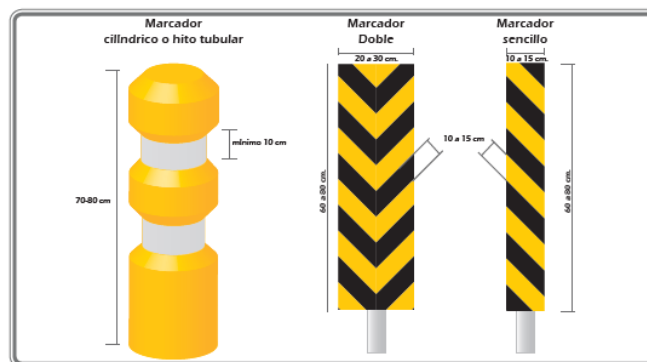
<https://www.3m.com.co/>

- **Normatividad Colombiana:**

Los obstáculos laterales también se pueden identificar con marcadores de obstáculos, donde sea posible, estos son dispositivos que se usan para advertir al conductor la existencia de estructuras de canalización dentro de la calzada y la presencia de obstáculos, cabezales de alcantarillas, el inicio de barandas de puentes, bifurcaciones de la vía, refugios peatonales u otros puntos o elementos de riesgo en la vía o en sus costados. (Manual de señalización vial, 2015, Ministerio de transporte, pp 642, Bogotá)

Figura 54.

Marcadores de obstáculos verticales



Nota. Tomado de *Manual de señalización vial*, Ministerio de transporte, 2015

g. Sistema de contención, deficiente o en mal estado

Es recomendable la instalación de sistemas de contención adecuados y funcionales, con el fin de evitar consecuencias graves de los siniestros que pudiesen tener lugar.

- Estado actual de algunos sistemas de contención

Figura 55.

Estado actual de algunos sistemas de contención



Nota. Fuente: El autor

- Ejemplo adecuado del hallazgo

Figura 56.

Sistema de contención Tipo Jersey



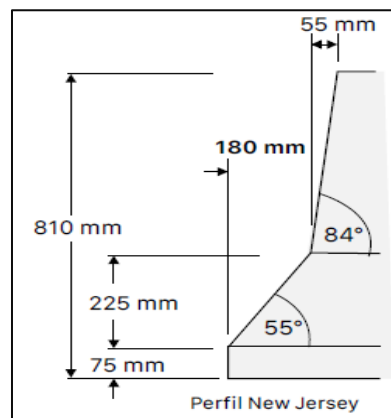
Nota. Tomado de Barreras de hormigón tipo New Jersey, [Fotografía], Prefabricados Alberdi, 2012, <http://www.prefabricadosalberdi.com/alberdi/de/barreras-de-hormigon-tipo-new-jersey.asp?nombre=2427&cod=2427&sesion=1>

- **Normatividad Colombiana:**

Las barreras de concreto son sistemas rígidos cuyo perfil tiene una pendiente en la cara frontal al tránsito y una cara posterior vertical para barreras laterales. (Metodología para el diseño , selección e instalación de sistemas de contención vehicular, 2022, ANSV)

Figura 57.

Geometría de las barreras de concreto con sección tipo New Jersey



Nota. Tomado de *Metodología para el diseño, selección e instalación de sistemas de contención vehicular*, ANSV, 2022

h. Dispositivos para la regulación del tránsito en mal estado o incumpliendo especificaciones

- **Bandas alertadoras**

Es recomendable la instalación adecuada de los dispositivos para la regulación del tránsito, en este caso las bandas alertadoras, sobre todo teniendo en cuenta que se encuentran próximos a un paso peatonal y por ende los conductores deben estar alertas y reducir la velocidad

➤ **Comparación con implementación de medidas básicas**

Figura 58.

Comparación con implementación de medidas básicas, bandas alertadoras



Nota. Fuente: El autor

➤ **Ejemplo “Inteligente” y adecuado del hallazgo**

Figura 59.

Bandas alertadoras en el tramo Pativilca, Santa y Salaverry, Perú



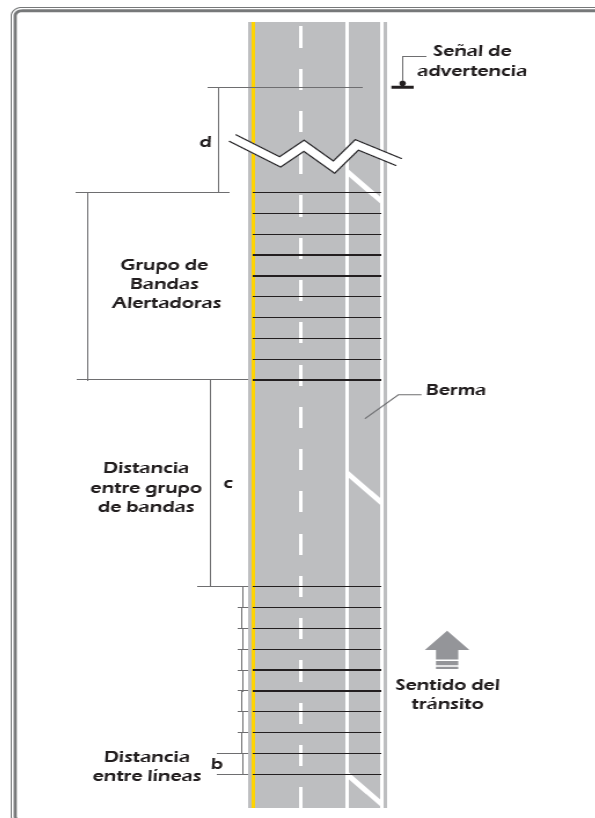
Nota. Tomado de *Inician intervenciones de seguridad vial en 9 sectores del tramo Pativilca, Santa y Salaverry*, [Fotografía], El Búho, 2024, <https://elbuhope/2024/05/inician-intervenciones-de-seguridad-vial-en-9-sectores-del-tramo-pativilca-santa-y-salaverry/>

➤ Normatividad Colombiana:

El sistema de bandas alertadoras está constituido por tres o más grupos de bandas blancas dispuestas en forma transversal a la vía que modifican la superficie de rodadura de la calzada. Cada uno produce un efecto sonoro y/o vibratorio en el interior del vehículo cuando éste pasa sobre ellas. Cada grupo de bandas está constituido por 10 líneas transversales, cuya altura no exceda 20 mm cuando son resaltadas o elevadas y su profundidad no supere los 15 mm cuando son de bajo relieve o fresadas. La separación de las bandas se muestra en la Tabla 16.

Figura 60.

Distribución de bandas alertadoras



Nota. Tomado de *Manual de señalización vial*, Ministerio de transporte, 2015

Tabla 16.

Relación de velocidad operativa con diseño de banda alertadora

Tabla 5-4 Relación de velocidad operativa con diseño de banda alertadora				
Velocidad de operación (km/h)	Velocidad de operación (m/s) (a)	Distancia entre líneas (b)	Distancia entre grupo de líneas (c)	Distancia entre final de bandas y señal de advertencias (d)
≤ 60	≤ 17	1,2 m	12 m	50 m
70 - 80	20 - 22	1,5 m	15 m	60 m
90 - 100	25 - 28	1,8 m	20 m	80 m
> 100	≥ 30	2 m	30 m	100 m

Nota. Tomado de *Manual de señalización vial*, Ministerio de transporte, 2015

- **Marcadores de obstáculo**

- **Comparación con implementación de medidas básicas**

Figura 61.

Comparación con implementación de medidas básicas, marcadores de obstáculos



Nota. Fuente: El autor

- **Ejemplo “Inteligente” y adecuado del hallazgo**

Figura 62.

Ejemplo de implementación de obstáculo lateral, y además una adecuada demarcación de achurado.



Nota. Tomado de Metodología para el diseño, selección e instalación de sistemas de contención vehicular, ANSV, 2022

➤ **Normatividad Colombiana:**

Véase inciso (f) “obstáculo lateral”, capítulo 8.

i. ILUMINACIÓN Y LUMINANCIA DEFICIENTE

Es recomendable realizar la instalación de luminarias, con el fin de evitar pérdida de visibilidad y un cambio brusco de luz a sombra en la zona de transición. Esto se constituye en un riesgo en razón a que los conductores no alcanzan a ver los baches que se encuentran en la superficie de la vía, sobre todo en horas nocturnas, además en este sector a veces transitan ciclistas imprudentes que no llevan consigo los elementos reflectivos correspondientes, y por ende al no haber suficiente iluminación pueden ocurrir siniestros viales.

- **Estado actual de la Iluminación y luminancia**

Figura 63.

Estado actual de la Iluminación y luminancia



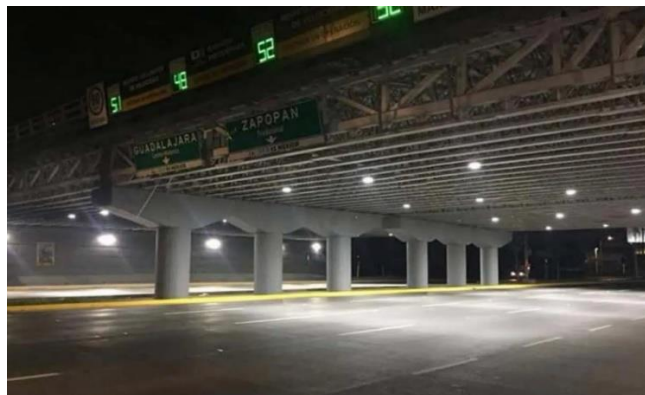
Nota. Fuente: El autor

- **Ejemplo adecuado del hallazgo**

Una de las opciones es implementar en lugar de luminarias convencionales, luces LED, para proporcionar un entorno de iluminación más brillante. El diseño antideslumbrante hace que la conducción debajo del puente sea mucho más segura, tal como es el caso de un puente de la ciudad de México, que implementó Túnel de luces LED ZGSM de 100 W de la serie H. Luz blanca fría (5700 K) y Chips LED Lumileds (ZGSM, (s.f).)

Figura 64.

Proyecto de iluminación de túnel debajo de un puente en México montado en 2018.



Nota. Tomado de Series H Túnel De Luces Led Para La Iluminación Debajo Del Puente En México, [Fotografía], ZGSM, (s.f), <https://es.zgsm-china.com/case-study/series-h-tunnel-lamp-used-for-under-the-bridge-lighting-in-mexico.html>

9. CONCLUSIONES

Al finalizar esta investigación, se puede concluir que la implementación de señalización vial inteligente ofrece una solución dinámica y adaptativa para mejorar la seguridad vial en puntos críticos.

Como bien se ha expresado en la introducción de este documento, a pesar de que, en Bogotá, se han tomado acciones encaminadas a abordar la problemática de seguridad vial en los últimos 10 años, han sido algo ineficaces y no se ha logrado reducir sustancialmente el número de víctimas. Es por esto, que es hora de hacer uso de los avances que tenemos actualmente y que nos permiten fácilmente poder implementar la tecnología IoT en la señalización vial, tal como hemos visto que lo han hecho en varios lugares del continente Europeo, mayormente.

Debemos de tomar ejemplo de las buenas acciones y medidas que en dichos lugares han aplicado para contrarrestar los siniestros viales, y apostar por la innovación para brindar a los usuarios carreteras autoexplicativas, y puntos seguros, con una señalización interactiva e intuitiva.

Un resumen de las medidas que hacen parte de las carreteras autoexplicativas y la señalización inteligente son:

- Señalización con luces Led
- Implementar sensores de detección
- Implementar balizas luminosas inteligentes
- Garantizar la adecuada reflectividad de las señales
- Implementar láminas reflectantes
- Realizar demarcaciones adecuadas y visibles

- Garantizar que los sistemas de contención estén en adecuado estado y sean funcionales
- Garantizar espacios y zonas laterales libres de obstáculos
- Brindar un pavimento en buen estado
- Brindar adecuada iluminación, sobre todo en los lugares o zonas con más oscuridad
- Garantizar que los dispositivos para la regulación del tránsito sean implementados, o bien en buen estado.

Los siniestros de tránsito son una realidad cotidiana, pero también son predecibles y evitables. Bogotá, una de las ciudades más pobladas del país, requiere que las instituciones gubernamentales establezcan herramientas de decisión con las cuales sea posible conocer y atacar las causas de siniestralidad.

Para una implementación exitosa de la señalización vial inteligente, es crucial adaptar las soluciones a las necesidades específicas de cada ubicación y colaborar estrechamente con expertos y autoridades locales. Esto implica personalizar las tecnologías según las características del entorno vial y las demandas del tráfico local, mientras se establece una colaboración activa con las partes interesadas locales para garantizar la aceptación y eficacia de las soluciones implementadas.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¿Cumple con la normativa? ((s.f.), <https://interlight.es/pasos-de-peatones-inteligentes/>).

(2010, Bestratén).

3M. ((s.f.), Señales más brillantes significan caminos más seguros).

(3M, (s.f.), Burlar la oscuridad).

Alcaldía de Bogotá. (2004).

Alcaldía mayor de Bogotá. (Plan distrital de seguridad vial, 2017-2026). Plan distrital de seguridad vial.

Alonso, L. . ((2015), La integración del factor humano en el ámbito técnico de la gestión, Universidad de Valencia).

Betancourt, G. H. ((2015), Problemática en Intersecciones Viales de Áreas Urbanas: Causas y Soluciones). *Problemática en Intersecciones Viales de Áreas Urbanas: Causas y Soluciones*.

(Contraloría general de la República, 2015). En C. g. República.

Cordoba estrena semaforo de acera. ((2023, abril 20) <https://interlight.es/cordoba-estrena-semaforo-de-acera/>).

DANE. (2018).

DGT, (2022 abril 22), *Vías más seguras. Sistema seguro*. (s.f.).

Díaz y de la Peña. (2003).

El carril bici que brilla en la oscuridad . ((2014, noviembre 6), <https://ciclosfera.com/a/carril-bici-inteligente-brilla-oscuridad>).

(El tiempo, (2009, agosto 14), La Avenida Boyacá es el corredor vial más largo y peligroso de Bogotá).

Gestión de Flotas V2V: ¿Que es y cual es su importancia? ((s.f.), <https://www.ubicalo.com.mx/blog/gestion-de-flotas-v2v/>).

Guía de auditorías de seguridad vial en vías urbanas, Alcaldía Mayor de Bogotá . (2021). En A. M. Bogotá.

Independiente, E. (s.f.). <https://www.elindependiente.com/economia/2017/02/09/cruces-inteligentes>. Obtenido de <https://www.elindependiente.com/economia/2017/02/09/cruces-inteligentes>.

(Interlight, (s.f)., carriles bici luminosos).

Líneas verdes para reducir la velocidad y los accidentes. ((s.f)., <https://www.autobild.es/noticias/lineas-verdes-reducir-velocidad-accidentes-182082>).

(Llano, D. H. 2014, Jolonch, J 2013).

Manual de señalización vial. (2015, Ministerio de transporte, pp 642, Bogotá). En *Manual de señalización vial*.

Metodología para el diseño , selección e instalación de sistemas de contención vehicular. (2022, ANSV).

Ministerio de transporte y obras públicas. ((s.f), 3. Enfoque de Sistemas Seguros.). 3. *Enfoque de Sistemas Seguros*. Obtenido de 3. Enfoque de Sistemas Seguros.

(Notas de la Cepal, 2012).

(Observatorio del Sistema de Ciudades, 2019).

(OMS, Asamblea general de las naciones unidas, 2010, resolución 64/255: Mejoramiento de la seguridad vial en el mundo).

(OPS, La OPS/OMS en Panamá y autoridades nacionales realizan lanzamiento del Plan nacional de seguridad vial segundo decenio 2021-2030, (2021)).

Paquete de medidas técnicas de seguridad vial. (2017). En OMS.

Peréz. (2003).

Perry y Zuñiga. (1990).

Pinto . (1985).

Priorización de Puntos Seguros: Análisis de la siniestralidad vial en vías urbanas de Bogotá” de la Agencia Nacional de Seguridad vial. (ANSV). En A. N. vial.

Prueban marcas viales como alternativa a los radares para reducir la velocidad. ((s.f)., <https://www.lavozdegalicia.es>

Secretaría De Movilidad. (2015). *Movilidad En Cifras 2015*. Bogotá D.C: Alcaldía Mayor de Bogotá. Obtenido de <http://www.simur.gov.co/boletin-2015-b->

(Secretaría distrital de movilidad, (2022), Mediciones de la siniestralidad vial en Bogotá, Anuario de siniestralidad vial, Bogotá).

(Secretaría distrital de movilidad, Capítulo 3.5 "Infraestructura vial y de transporte" Diagnostico 4, Bogotá).

(Secretaría distrital de planeación, (s.f)., Vías, Transporte y Servicios Públicos).

Señales Inteligentes. ((s.f)., <https://rentingfinders.com/glosario/senales-inteligentes/>).

Señalización vial inteligente para Guadalajara. ((2018, marzo 6)
https://anmotoristas.org/noticia_desarrollada.php?cod=8181).

Smart pedestrian crossings: Energy efficiency and sustainability. ((2023, Julio 17),
<https://proinbal.es/blog/pasos-de-peatones-inteligentes-eficiencia-y-sostenibilidad-energetica/>). En S. p. sustainability.

Vitoria estrena paso de peatones inteligente. ((2023, abril 20) <https://interlight.es/cordoba-estrena-semaforo-de-acera/>).

Wilson Ernesto Vargas, E. M. ((s.f.), Análisis de los puntos más críticos de accidentes de tránsito en Bogotá).

Wilson Ernesto Vargas, Edison Mozo. (2012).

Wilson Vargas-Vargas, Carmen Femenina-Ribera, Gaspar Mora-Femenia . (2020, Contexto de la movilidad en Bogotá).

ZGSM. ((s.f).). *Series H Diseño Modular Tunel de Luces LED*.

APÉNDICE

Ficha de Hallazgo: En este apéndice, se identificó, describió y evaluó cada uno de los elementos del proyecto de infraestructura que representan riesgos en la seguridad vial para los usuarios. Se desarrolló de acuerdo con lo establecido en la Guía Técnica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial para Colombia, ANSV, 2021.