



UNIVERSIDAD
SANTOTOMAS
SEDE PRINCIPAL

Tesis de maestría: Título de la tesis. Propuesta Metodológica Para La Señalización En Vías Terciarias (Placa Huellas) En Colombia (Estudio Del Caso) Autor: Javier Danilo Páez Herrera. Universidad Santo Tomas (Colombia). 2023

**Propuesta metodológica para señalización de placa huella en vías terciarias.
Caso Subachoque - Guatavita – Zipaquirá**

Javier Danilo Páez Herrera

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Civil
Bogotá, Colombia
2024



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
SEDE PRINCIPAL

Tesis de maestría: Título de la tesis. Propuesta Metodológica Para La Señalización En Vías Terciarias (Placa Huellas) En Colombia (Estudio Del Caso) Autor: Javier Danilo Páez Herrera. Universidad Santo Tomas (Colombia). 2023

Propuesta metodológica para señalización de placa huella en vías terciarias. Caso Subachoque - Guatavita – Zipaquirá

Javier Danilo Páez Herrera

Trabajo de grado como requisito para optar al título de:

Magister en Infraestructura Vial

Director(a):

Prof. Ing. Carlos Alberto González Camargo

Codirector(a):

Prof. Ing. Antonio Preziosi Ribero

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Bogotá, Colombia

2024

Agradecimientos

Agradezco de todo corazón a Dios padre todo poderoso que me bendijo permitiéndome llegar a esta maravillosa etapa de mi vida.

A mis padres Mariela y Danilo porque través de ellos se nos concedió la vida y han sido apoyo y sustento a lo largo de la misma, a mi esposa Ana Milena que es mi soporte y mi compañera incondicional; ella con su amor me fortalece cada día de mi vida, a mis hijos Ana Sofia y Juan Alejandro por su mirada de orgullo ya que son el motivo para ser cada día mejor, a todos nuestros familiares y amigos que directa o indirectamente han tenido a bien ayudarnos de cualquier forma en nuestra formación como seres humanos y profesionales

A la Universidad Santo Tomas, a nuestros profesores y el personal administrativo, gracias por su orientación, guía y apoyo, acompañando cada una de las actividades que permitieron culminar nuestros estudios y la terminación de este proyecto de investigación, para ustedes nuestra gratitud por toda la responsabilidad invaluable y la ayuda que siempre nos proporcionaron para contribuir en nuestra excelencia y nuestra formación personal y profesional

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar una metodología para la señalización de la placa huella y la mejora de la movilidad en vías terciarias de los municipios de Subachoque- Guatavita – Zipaquirá, teniendo en cuenta la demanda de tránsito vehicular y peatonal que existe en la zona, y con el fin de que sea aplicable a todo el territorio nacional. El entorno de desarrollo se fundamenta en la accidentalidad y las limitaciones de las entidades territoriales para controlar e identificar la siniestralidad en estos corredores. Se evaluaron las condiciones de seguridad actuales que no están cubiertas por la normatividad nacional. La unidad de estudio es la placa huellas por las condiciones topográficas y la naturaleza compartida de las vías que son usadas por peatones, semovientes, motocarros y vehículos de carga tipo C2 y C3. La propuesta comprende prácticas generales de seguridad vial para terrenos ondulados y montañosos con pendientes entre el 6% y 8%. Según datos de entes oficiales, actualmente existen aproximadamente un total de 142.284 km de vías terciarias, de estas el 24% están construidas en tierra, el 70% en afirmado y el 6% están pavimentadas. Por ellas transita el 75% de la carga que se mueve en el país. Según cifras del ranking del foro económico mundial, Colombia ocupaba el puesto 102, por esto el gobierno nacional debe potenciar el desarrollo económico construyendo más kilómetros de vías en placa huella para vehículos tipo¹.

Palabras clave

Placa huella, Vías terciarias, Señalización, Seguridad vial, Corredor vial, Vehículos tipo Tándem, Trídem

¹ La tipología de los vehículos de carga empleada para este análisis corresponde a la establecida por el Ministerio de Transporte, donde clasifica los vehículos pesados según el número de ejes, así: C2: Camión de dos ejes, puede ser C2P camión pequeño o C2G camión grande. C3: Camión de tres, incluye la categoría C2S1. C4: Camión de cuatro ejes, incluye las categorías C2S2 y C3S1 C5: Camión de cinco ejes, incluye las categorías C2S3 y C3S2 >C5: Camión de más de cinco ejes, incluye la categoría C3S3 (Ministerio de transporte, 2004)

Abstract

The objective of this study is to develop a methodology for marking the footprint plate and improving mobility on tertiary roads in the municipalities of Subachoque- Guatavita - Zipaquirá, taking into account the demand for vehicular and pedestrian traffic that exists in the area. , and in order for it to be applicable to the entire national territory. The development environment is based on the accident rate and the limitations of territorial entities to control and identify accidents in these corridors. Current security conditions that are not covered by national regulations were evaluated. The study unit is the footprint plate due to the topographic conditions and the shared nature of the roads that are used by pedestrians, livestock, motorcycles and cargo vehicles type C2 and C3. The proposal includes general road safety practices for undulating and mountainous terrain with slopes between 6% and 8%. According to data from official entities, there are currently approximately a total of 142,284 km of tertiary roads, of which 24% are built on dirt, 70% are paved and 6% are paved. 75% of the cargo that moves in the country passes through them. According to figures from the World Economic Forum ranking, Colombia ranked 102nd, which is why the national government must promote economic development by building more kilometers of track plate roads for type vehicles.

Keywords

Footprint plate, Tertiary roads, Signaling, Road safety, Road corridor, Tandem type vehicles, Tridem.

Contenido

Introducción.....	12
1 Problema de investigación.....	14
2 Justificación.....	18
3 Objetivos	21
3.1 Objetivo general	21
3.2 Objetivos específicos.....	21
4 Marco Teórico.....	21
4.1 La Placa huella	33
4.2 Señalización de placa huella.....	39
4.3 Marco conceptual	42
4.3.1 Volumen de tránsito	42
4.3.2 Tránsito promedio diario (TPD).....	42
4.3.3 Volumen horario de máxima demanda (VHMD):.....	42
4.3.4 Brecha o claro:.....	42
4.3.5 Uso de los volúmenes de hora pico	43
4.3.6 Clasificación de volúmenes.....	43
4.3.7 Conteos de volumen peatonal.....	43
4.3.8 Estudios de volúmenes de tránsito	44
4.3.9 Características de volumen.....	45
4.3.10 Volúmenes de tránsito	45
4.3.11 Intensidad de tránsito.....	46
4.3.12 Periodo de diseño	46

4.3.13	Estimación del Transito	46
4.3.14	Transito estimado de servidumbre.....	47
4.3.15	Tasa de crecimiento del tránsito	48
4.4	Marco normativo	48
5	Estado del Arte.....	50
6	Metodología	58
7	Hallazgos estudio de caso	60
7.1	Objetivo 1.....	60
7.1.1	Aforos vehiculares Zipaquirá	61
7.1.2	Día típico	62
7.1.3	Día Atípico	65
7.2	Aforos vehiculares Subchoque vía vereda Paramo y pantano Arce	67
7.2.1	Día Típico.....	67
7.2.2	Día Atípico	70
7.3	Aforo vehicular Guatavita Vereda la Carbonera	73
7.3.1	Día típico	74
7.3.2	Día Atípico	76
7.4	Objetivo 2.....	79
7.5	Objetivo 3.....	84
7.5.1	Siniestralidad registrada	84
7.5.2	Siniestralidad en Zipaquirá Vía vereda el Empalizado y San Isidro	86
7.5.3	Datos colisiones 2023- Zipaquirá vereda Vía vereda el Empalizado y San Isidro	90

7.5.4	Subchoque vía vereda Paramo y Pantano Arce	92
7.5.5	Guatavita Vereda la Carbonera.....	95
7.5.6	Análisis y datos desde las encuestas aplicadas	99
7.6	Objetivo 4.....	106
7.6.1	Visibilidad en el corredor vial Placa huellas	109
8	Análisis y discusión.....	130
9	Conclusiones	134
9.1	Cronograma	¡Error! Marcador no definido.
10	Bibliografía.....	137

Indicie de figuras

Figura 1. Accidentalidad Vial 2023	16
Figura 2. Distribución porcentual de la red vial nacional	30
Figura 3. Ejemplos de placa huella	34
Figura 4. Placa huella tipo 1.....	36
Figura 5. Placa huella tipo 2.....	37
Figura 6. Placa huella Tipo 3	38
Figura 7. Señales reglamentarias.....	41
Figura 8. Características señal de velocidad máxima	41
Figura 9. Representación de vehículos de carga comunes en Colombia	47
Figura 10. Propuesta metodológica.....	60
Figura 11. Vehículo de diseño	62
Figura 12. Composición vehicular día típico – Zipaquirá.....	63
Figura 13. Volumen máximo de vehículos en un día típico	64
Figura 14. Volumen mínimo de vehículos en un día típico	64
Figura 15. Composición vehicular día atípico Zipaquirá.....	65
Figura 16. Volumen máximo hallado en campo	66
Figura 17. Ponderado para calcular FHMD y FVP.....	67
Figura 18. Composición vehicular Subchoque.....	68
Figura 19. Volumen mínimo día típico Subchoque	69
Figura 20. Volumen máximo día típico Subchoque.....	69
Figura 21. Características de medición	70
Figura 22. Composición vehicular Subchoque.....	70

Figura 23. Volumen mínimo día atípico	71
Figura 24. Volumen máximo día atípico.....	72
Figura 25. Composición vehicular Guatavita.....	75
Figura 26. Volumen máximo día típico	75
Figura 27. Volumen mínimo día típico	76
Figura 28. Composición vehicular Guatavita.....	77
Figura 29. Volumen mínimo día atípico	77
Figura 30. Volumen máximo día atípico.....	78
Figura 31. Documentos de acceso por municipio	86
Figura 32. Ubicación tramo intervenido.....	87
Figura 33. Vista de la vía intervenida El Empalizado	89
Figura 34. Ejemplo de intervención vía vereda San isidro	89
Figura 35. Sección típica placa huella tipo 3	90
Figura 36. Registro zona de estudio	91
Figura 37. Zipaquirá vía veredas El Empalizado y San Isidro.....	91
Figura 38. Ubicación geográfica de la vía vereda Paramo y pantano Arce Subachoque	92
Figura 39. Datos porcentaje registrado.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 40. Registro Subachoque vereda Pantano de Arce	93
Figura 41. Evidencia tomada en trabajo de campo 2024	94
Figura 42. Vehículos que usan la vía	94
Figura 43. Sección transversal tipo 5.....	95
Figura 44. Ubicación tramo I y II vereda La Carbonera	96
Figura 45. Sección transversal. Tramo 1. Ancho 4.10 m.....	97

Figura 46. Sección transversal tramo I.....	97
Figura 47. Sección tramo 2. 7 m de ancho	98
Figura 48. Corte transversal tramo 2 de 7 m.....	98
Figura 49. Sector vía vereda Alto-Páramo y Pantano Arce Subachoque	109
Figura 50. Ejemplo de Captafaros.....	110
Figura 51. Norma de espaciamento entre tablas	111
Figura 52. Tachas reflectivas.....	112
Figura 53. Dimensiones de las tachas	112
Figura 54. Líneas centrales segmentadas	113
Figura 55. Líneas centrales continuas caso	113
Figura 56. Líneas centrales continuas caso 3.....	114
Figura 57. Propuesta-sección transversal tipo 5.....	114
Figura 58. Ubicación transversal de delineadores verticales	115
Figura 59. Delineadores verticales en curva horizontal	116
Figura 60. Instalación líneas continuas y discontinuas en sección transversal	117
Figura 61. Tramo vereda Arce-Subachoque.....	118
Figura 62. Espaciamento en metros de delineadores	118
Figura 63. Escuela rural Antonio Ricaurte. Vereda La Carbonera Baja-Guatavita	119
Figura 64. Ingreso rural Antonio Ricaurte	120
Figura 65. Pictograma señalización horizontal	120
Figura 66. Proximidad de cruce escolar SP-47	121
Figura 67. Baliza antideslizante	121
Figura 68. SR-30 B velocidad máxima 30 Km/h.....	122

Figura 69. Dimensiones mínimas de señales reglamentarias o preventivas en una SMV	122
Figura 70. Registro propuesta de señalización	123
Figura 71. Bifurcación vereda El Empalizado Zipaquirá acceso placa huella	129
Figura 72. Señales de personalización.....	130
Figura 73. Administración de la red vial nacional	132

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de vías según velocidad de diseño	31
Tabla 2. Compilado normativo para señalización vial en Colombia	50
Tabla 3. Características y condiciones para medida	62
Tabla 4. Composición vehicular determinada en campo	62
Tabla 5. Características y condiciones para medida	65
Tabla 6. Composición vehicular determinada en campo	65
Tabla 7. Resumen comparativo de datos.....	66
Tabla 8. Características para medición Subachoque	67
Tabla 9. Composición vehicular determinada en campo	68
Tabla 10. Composición vehicular determinada en campo	70
Tabla 11. Resumen comparativo de mediciones	72
Tabla 12. Características para medición	74
Tabla 13. Composición vehicular determinada en campo	74
Tabla 14. Resumen comparativo de medición	74
Tabla 15. Características para medición	76
Tabla 16. composición de flujo vehicular Guatavita	76
Tabla 17. Resumen comparativo de medición	78
Tabla 18. Relación documental de consulta.....	85
Tabla 19. Ponderado documentos de cada municipio	86
Tabla 20. Ubicación tramo estudiado veredas El empalizado y San Isidro	88
Tabla 21. Colisiones 2023 Zipaquirá vía El Empalizado.....	90
Tabla 22. Siniestralidad en la vía	92

Tabla 23. Colisiones 2023. Subachoque vía vereda Páramo - Pantano Arce.....	93
Tabla 24. Características del convenio.....	96
Tabla 25. Análisis de respuestas encuesta.....	102
Tabla 26. Análisis respuestas encuesta	103
Tabla 27. Análisis respuestas encuesta	104
Tabla 28. Espaciamiento de delineadores verticales	116
Tabla 29. Altura mínima de letras	129

Introducción

En el presente estudio se determina el impacto que tiene la señalización de vías terciarias, en la seguridad vial de los municipios de Subachoque, Guatavita y Zipaquirá, para proponer una metodología adecuada para la demarcación de vías de tipo veredal con placa huella, las cuales, según diagnóstico de las entidades correspondientes, no presentan el mismo avance de mejoramiento de la infraestructura vial primaria y secundaria del país (Cepeda, 2019), pero que son las que brindan acceso a poblaciones rurales y comunidades remotas. Esta acción, suma a la idea de potenciar la comercialización de productos agrícolas y ganaderos de la zona, ya que esta es una región mayoritariamente agrícola que necesita avanzar en la producción para impulsar la economía personal y por consiguiente la nacional. Ante la falta de una guía metodológica para la señalización en vías de tipo veredal placa huella, las administraciones locales han optado por ignorar el problema, permitiendo que se convierta en una imperante necesidad para conservar y cuidar la vida misma.

La señalización de vías terciarias en placa huella, reduce la accidentalidad porque se inclina hacia la prevención, la información, y una mejora en las condiciones de convivencia, pero necesita valerse de herramientas efectivas que conduzcan a los tomadores de decisiones a ejercer el manejo adecuado de los costos que se generan por atención médica, reparación de vehículos y pérdida de productividad. En este contexto, la metodología entrega a los usuarios el derecho a la circulación segura en el marco de la responsabilidad social de las entidades del Estado y las compañías particulares. Además, estandariza la señalización, brindando información clara y precisa a los conductores sobre las condiciones de la vía, previniendo accidentes, por lo cual, optimiza los recursos. Para alcanzar los objetivos propuestos, el investigador se vale de la metodología mixta con enfoque cualitativo y cuantitativo que facilitan el análisis documental. Se

aplica una encuesta a autoridades locales y residentes sobre la gestión de la señalización, lo cual se complementa con la observación directa y la experiencia profesional del investigador.

En este contexto, se llega a la conclusión que la señalización de las vías terciarias en placa huella en zonas agrícolas es una necesidad para mejorar la seguridad vial, la eficiencia económica y la responsabilidad social. Una guía metodológica para las administraciones locales puede facilitar la implementación de la señalización de manera eficiente y homogénea si se involucra a la comunidad para conocer sus necesidades y prioridades en materia de señalización vial, se realizan estudios técnicos para determinar el tipo de señalización adecuada para cada caso, y garantizar el mantenimiento periódicamente para asegurar su correcto funcionamiento. En general, el objetivo principal de este estudio se encamina a presentar las posibilidades de una guía bien que se constituya en herramienta para profesionales del sector, para equipos de trabajo y organizaciones interesadas en optimizar la seguridad vial de las carreteras terciarias del país.

1 Problema de investigación

Desde el análisis de la situación de las vías terciarias en placa huella como una parte importante de la infraestructura vial para el desarrollo rural en Colombia, se encuentra que estas vías presentan un alto índice de accidentalidad debido a la falta de señalización adecuada, que es deficiente o inexistente, por lo cual, representan un riesgo para la seguridad de conductores, peatones, comunidad y ciclistas. En este contexto, se busca diseñar una propuesta metodológica para la señalización de placa huella en estas vías, que mejore la seguridad vial, porque faltan estudios específicos que entreguen soluciones eficaces, y se pueda replicar en otras regiones del país. Es importante destacar que la señalización adecuada previene accidentes al informar a los conductores sobre las condiciones de la vía, curvas peligrosas, intersecciones, límites de velocidad, etc. Si se controla la velocidad, también se va a entregar calidad de vida a los residentes y a la comunidad que use la vía.

La metodología se debe realizar porque las vías terciarias en placa huella juegan un papel fundamental en la conectividad rural de Subachoque, Guatavita y Zipaquirá, facilitando el acceso a servicios básicos, mercados y oportunidades para las comunidades. Además, la falta de señalización adecuada en estas vías genera riesgos para la seguridad de los usuarios por los accidentes de tránsito que se generan. Una propuesta metodológica ayuda a garantizar que la señalización se instale de manera efectiva y estratégica, teniendo en cuenta las características específicas de cada vía y las necesidades de los usuarios. De igual manera, la implementación de la señalización evita la pérdida de recursos por un sistema ineficaz. La propuesta debe incluir estrategias de mantenimiento y sostenibilidad a largo plazo, dado que garantizar un sistema eficiente y efectivo parte de mantener en buen estado la señalización inicial para que mantenga a largo plazo su función de mejora en la seguridad vial.

La metodología se preocupa por fomentar la participación de la comunidad en el proceso de señalización porque garantizar su aceptación y sostenibilidad es definitivo para una solución de este tipo cuando se implementa. Si se identifican las necesidades de los habitantes de la zona, el diseño del sistema de señalización y la evaluación del impacto se deben adecuar a estos requerimientos. Este es el primer paso para establecer un marco de referencia para futuras intervenciones de señalización en las vías terciarias en placa huella, lo cual permite garantizar la coherencia y la calidad de las intervenciones a lo largo del tiempo. En general, los beneficios de la propuesta metodológica se relacionan con la reducción de accidentes de tránsito, ya que se espera que la implementación de la señalización eficaz conduzca a la reducción significativa del número de accidentes de tránsito que se han registrado en las vías terciarias en placa huella (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2020) de Subachoque, Guatavita y Zipaquirá.

Sumado a lo anterior, la señalización adecuada mejora la fluidez del tráfico en las vías, reduciendo los tiempos de viaje y facilitando el acceso a servicios básicos y oportunidades económicas para las comunidades. Además, contribuye a la protección del medio ambiente al reducir las emisiones de gases contaminantes y el consumo de combustible, lo mismo que envía un mensaje claro a la comunidad de que la seguridad vial es una prioridad y que se están tomando medidas para mejorarla (Arellano, 2015). En las zonas rurales, una eficiente señalización conduce a la protección de vidas humanas porque en Colombia, las franjas rurales tienen un alto índice de accidentalidad vial, con un promedio de 4.400 muertes al año (Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2023), lo que representa un problema de salud pública y un costo social y económico significativo.

En el año 2023, cada 63 minutos falleció una persona por siniestros viales. Aunque en el estudio no se discrimina si la falta de señalización en la placa huella es causa directa de este

número de fallecidos, la información aporta al problema presentado en el país por accidentalidad vial.

Figura 1. Accidentalidad Vial 2023



Fuente. Información tomada del Observatorio Nacional de Seguridad Vial que pone a disposición de los distritos y/o municipios del país los resultados del índice de fatalidad, calculado con base en la cantidad de fallecidos y las tasas de fallecidos por cien mil (100.000) habitantes de cada territorio.

La metodología puede replicarse en otras regiones del país, con el potencial de tener un impacto positivo tanto en la seguridad vial como en el mejoramiento de la calidad de vida. Como estudio, el estudio genera conocimiento sobre la seguridad vial en las zonas rurales, un tema que ha sido poco estudiado en Colombia. Actualmente, se están llevando a cabo iniciativas para mejorar la interconectividad de las vías rurales, especialmente en las vías terciarias conocidas como "placa huellas". No obstante, la seguridad y la movilidad en estas vías mantiene desafíos

significativos por la falta de señalización que favorezca el tránsito tanto de peatones como de vehículos.

En consecuencia, toda propuesta debe integrar aspectos técnicos como la topografía y la capacidad de carga de las vías; aspectos humanos como la educación y la concienciación sobre las prácticas de seguridad vial, la implementación de señales de tráfico claras y consistentes, la creación de zonas de estacionamiento seguras; y la promoción de la educación vial entre los usuarios (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2020). Esta solución implica tener convenio con contratistas locales, capacitación de ingenieros gubernamentales para monitorear la calidad y aplicar las mejores prácticas globales en la construcción de carreteras, como se menciona en el Source 9². También es beneficioso establecer contratos de mantenimiento basados en el rendimiento para asegurar la sostenibilidad de las inversiones en infraestructura vial (Carvajal, 2019).

La señalización debe ser fácilmente comprensible y ubicada de manera efectiva para lograr un cumplimiento completo. Según el Manual de Diseño Geométrico de Colombia del Ministerio de Transporte 2008, las vías terciarias son las que conectan las cabeceras municipales con sus veredas o que unen veredas entre sí, por lo cual, deben operar de manera segura (Posada, González, & Farbiarz, 2022). En este contexto, la pregunta de investigación es ¿Cuál debe ser la propuesta metodológica para la señalización de vías terciarias en placa huella en Subachoque,

² "Source" o fuente, en español, se refiere a la procedencia de la información usada para respaldar los hallazgos o argumentos. Estas fuentes incluyen fuentes primarias o datos recolectados directamente por el investigador o el equipo de investigación como encuestas, entrevistas, experimentos, observaciones, registros históricos, etc. 2. Fuentes secundarias como la información analizada o interpretada por otros autores, como libros, artículos científicos, informes, sitios web confiables, etc., y fuentes terciarias como resúmenes o compilaciones de información de fuentes primarias o secundarias, como enciclopedias, diccionarios, manuales, etc. En el texto se respeta su escritura en inglés porque expresa la idea de la fuente citada.

Guatavita y Zipaquirá que permita mejorar la seguridad vial, optimizar la inversión en señalización, promover la sostenibilidad y fomentar la participación comunitaria?

2 Justificación

Existen algunos factores que justifican la creación de una metodología aplicada a la señalización de vías terciarias. El primero de ellos, es el desarrollo económico del país, el cual depende principalmente de la agricultura y la seguridad vial, porque es fundamental que el transporte de productos agrícolas a los mercados se haga eficientemente y con el apoyo del gobierno municipal, regional, departamental y nacional (BID, 2023). Cuando se presenta un accidente de tránsito, se generan pérdidas económicas significativas para los agricultores, transportadores y consumidores. De igual manera, la seguridad vial es vital para el renglón de la salud pública porque los accidentes de tránsito generan un alto costo en atención médica, rehabilitación y hospitalización. En las zonas rurales, la prevención de accidentes de tránsito también puede reducir la incidencia de discapacidades y enfermedades crónicas (Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2023).

En segundo lugar, en materia de bienestar social, las comunidades más seguras y resilientes suben su nivel de confianza en las instituciones, se disminuye la contaminación del aire y del suelo, se protege el medio ambiente porque hay una reducción de emisiones contaminantes y la promoción de modos de transporte más sostenibles. Por esta razón, se debe reconocer que las vías terciarias en placa huella son una infraestructura vial fundamental para el desarrollo rural en Colombia, que facilitan la conectividad entre comunidades (BID, 2023). Sin embargo, pese a la importancia de la señalización en las vías terciarias, existe una carencia de estudios específicos sobre el tema en Colombia. La mayoría de los estudios se centran en las vías primarias y secundarias, ignorando las necesidades particulares de las vías terciarias. Por esta

razón, este estudio busca llenar ese vacío de conocimiento y desarrollar una propuesta metodológica específica para la señalización de placa huella en estas vías.

Como herramienta, la propuesta metodológica tiene el potencial de mejorar la seguridad vial en las vías terciarias en placa huella, reduciendo el número de accidentes y las víctimas fatales. La señalización adecuada puede mejorar la fluidez del tráfico, reducir los tiempos de viaje y el consumo de combustible, lo que se traduce en beneficios económicos para los usuarios. También puede contribuir a la promoción del turismo rural, brindando mayor seguridad a los visitantes que transitan por estas vías. Su impacto directo es contribuir a la mejora de la seguridad vial en las zonas rurales de Colombia, donde la accidentalidad en las vías terciarias es un problema grave. Como iniciativa, es una idea que contribuye a mejorar la seguridad vial, a optimizar la inversión en señalización, a promover la sostenibilidad y fomentar la participación comunitaria.

La implementación de esta propuesta metodológica puede generar beneficios significativos para comunidades de cualquier localidad, incluyendo la reducción de accidentes de tránsito, la mejora de la fluidez del tráfico y la protección del medio ambiente (Arias, 2023). En general, el fin es conseguir que se implemente la metodología para facilitar la tarea de las administraciones locales que deben señalizar las vías terciarias en placa huella. Pero también, que se homogenice la señalización bajo criterios técnicos de ubicación, tipo y diseño de las señales. Si en un municipio se logra la optimización del recurso en este renglón, la administración local dirige sus decisiones hacia la selección de las señales adecuadas para cada caso.

Por esta razón, en la guía metodológica se incluye un ítem sobre la capacitación del personal encargado de la instalación y el mantenimiento de la señalización y se tiene en cuenta

qué actores tienen poder de decisión sobre el tema, como el Ministerio de Transporte, el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), la Federación Nacional de Departamentos, la Asociación Colombiana de Ingenieros, las Universidades con programas de ingeniería civil o de transporte. Es importante valorar que la señalización de las vías terciarias en placa huella, en zonas agrícolas rurales, es una necesidad que aporta calidad de vida. Siempre que se decida desarrollar un proyecto de esta índole, se deben hacer estudios técnicos para determinar el tipo de señalización adecuada y buscar que se garantice el mantenimiento periódico para certificar un correcto funcionamiento a largo plazo y el respectivo beneficio a las comunidades.

En este momento, la falta de señalización adecuada, el mal estado de las vías, la velocidad excesiva y la conducción bajo la influencia del alcohol o las drogas se registran datos de accidentalidad en zonas que aparentemente no debieran presentar este problema (Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2023). Entonces, como la seguridad vial es un derecho fundamental de todos los colombianos, es necesario que las medidas implementadas aseguren mejorar para superar el problema y ofrecer calidad de vida de los habitantes de las zonas municipales. Para el caso presente, el nivel de vida de los pobladores de los municipios de Subachoque, Guatavita y Zipaquirá. La señalización en las vías terciarias en placa huella debe ser sostenible a largo plazo, considerando factores como el mantenimiento, la resistencia a las condiciones climáticas y la vandalización.

Esto permitirá asegurar que la inversión en señalización tenga un impacto duradero, contribuir al desarrollo local de Subachoque, Guatavita y Zipaquirá por la reducción de costos de transporte para productores agrícolas, comerciantes y otros usuarios, lo que puede contribuir a la competitividad de la economía local. Puede facilitar el acceso a servicios básicos como

educación, salud y atención médica para las comunidades rurales. Puede atraer a turistas y generar oportunidades económicas para las comunidades.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta metodológica para la señalización de placa huella en vías terciarias de los municipios de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá, que sea extensiva a todo el país, teniendo en cuenta la demanda de tránsito vehicular y peatonal de cada zona.

3.2 Objetivos específicos

1. Determinar las características del flujo peatonal y vehicular de las vías rurales de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá, específicamente en construcciones de placa huellas.
2. Identificar las características funcionales de la normatividad actual del Manual de Señalización Colombiano y otras metodologías usadas, que sirvan como base para la señalización de vías terciarias en placa huellas.
3. Identificar sitios de mayor concentración de accidentes de tránsito y el tipo de accidente que más se presenta en las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá
4. Plantear una metodología de señalización para vías terciarias en placa huella que permita reducir el riesgo de accidentes de tránsito y la movilidad segura de peatones y ciclistas

4 Marco Teórico

La presente sección inicia con la seguridad vial como concepto, la definición de las características de las placas huellas, las necesidades específicas de señalización en vías de placa huella y los manuales que existen para esta acción. Luego, se revisa la normativa y reglamentación que existe en el país, la seguridad vial en zonas rurales y las experiencias que

existen a nivel nacional e internacional, junto con estudios anteriores que resaltan aspectos socioculturales y las políticas que existen sobre el tema a nivel nacional.

4.1 La seguridad vial

De acuerdo con el informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2023 de la Organización Mundial de la Salud (OMS), dentro del programa Decenio de Acción para la Seguridad vial 2021-2030 para reducir a la mitad las muertes por accidentes de tránsito en el mundo, aunque se han presentado progresos, la accidentalidad vial sigue siendo un problema grave para el mundo, ya que 1,19 millones de personas fallecen cada año por esta causa. Es decir, que cada dos minutos un accidente de tránsito causa una muerte, lo cual suma 3.200 defunciones cada día, con un registro de causa principal de muerte para niños y jóvenes de 5 a 29 años (OMS, 2023). Por esta razón, los accidentes viales son calificados como crisis sanitaria que pone en riesgo a peatones, ciclistas y usuarios vulnerables de las vías públicas. Por esta razón, se pide a los países que la prioridad sea un sistema de transporte efectivo, viable y seguro, y un sistema de carreteras aptas para la circulación vial.

El informe destaca que en las Américas se produjeron 12% de defunciones por accidentes de tránsito entre 2010 y 2022. Una cifra desproporcionada si se compara con el número de vehículos y carreteras disponibles. En concreto, dice que el riesgo es tres veces mayor en países de ingresos bajos si se comparan con los de ingresos altos, aunque tienen sólo el 1% del parque de vehículos de motor (OMS, 2023). El 53% de las víctimas son usuarios vulnerables como peatones (23%); motocicletas (21%); ciclistas (6%); y usuarios de patinetes electrónicos (3%). Las víctimas ocupantes de automóviles y vehículos ligeros de cuatro ruedas representan el 30% del total (OMS, 2023). Para superar las cifras, se debe aumentar y mejorar la seguridad vial

porque el 80% de las carreteras no cumplen algunas normas de seguridad para peatones y ciclistas.

Para la OMS no hay muchos avances en materia de legislación y normas de seguridad vial. Es decir, la mayoría de los países tiene el mismo marco legislativo de hace 20 y hasta 30 años y más. No se regula debidamente las características esenciales de seguridad de los vehículos como sistemas avanzados de frenado, protección contra impactos y avisos de prevención. Tampoco se exigen inspecciones de seguridad a todos los usuarios de las vías (OMS, 2023). En Colombia la situación es similar y con posibilidad de aumentarse por la corrupción que se mantiene en el sector.

En este escenario, los problemas de seguridad se pueden estudiar por separado por medio de los factores del tránsito para una mejor comprensión. Es decir, se toma el factor humano, el factor vehículo y el factor ambiente que pertenecen al enfoque sistémico de la seguridad vial (Sánchez, 2020). El enfoque sistémico se vale de la matriz de Haddon³ para representar los tres factores del tránsito en tres etapas que la teoría dice que existen en un accidentes de tránsito, es decir, el antes, durante y el después. Es una matriz dinámica de nueve celdas para intervención y sacar conclusiones de la situación. Permite interconectar diferentes ciencias y disciplinas para reconocer aspectos de la siniestralidad vial desde cuatro posibles estrategias de reducción de consecuencias de los siniestros viales que son: prevención de los accidentes de tráfico, reducción de exposición al riesgo vial, disminución de gravedad de las lesiones en caso de accidente, y mitigación de las consecuencias de las lesiones padecidas por medio de una mejor atención al accidentado (Aluana, 2015).

³ Bautizada así por el trabajo de William Haddon que describió al transporte por carretera como un sistema hombre-máquina mal concebido (Sánchez, 2020)

Tabla 1. Ejemplo de matriz de Haddon

<i>Matriz de W. Haddon</i>		FACTORES		
		Persona	Vehículo & Equipamiento	Entorno
FASES	antes...	Edad Alcoholemia Cumplimiento de la norma, etc.	Velocidad Equipamiento de seguridad de serie Luces de conducción diurna, etc.	Visibilidad de la vía Vías de sentido único Vías de doble sentido, etc.
	durante	Uso del caso Cinturón Edad, etc.	Comportamiento de los airbags durante la colisión Estructura deformable, etc.	Obstáculos en el margen de la vía Barreras de protección, etc.
	...después	Estado de salud general, etc.	Atropamiento Facilidad en el rescate Incendio, etc.	Postes SOS Hospitales Entorno socio-familiar Rehabilitación, etc.

Fuente. información extraída de Aluana (2015) para aclarar el concepto de la matriz de Haddon y su uso como teoría de la seguridad vial

Es importante recordar que las estadísticas dejan claro que las principales causas de accidentalidad vial son: imprudencia del conductor, desobediencia de la señalización, la pérdida de control del vehículo o el consumo de alcohol o drogas como factor humano de culpa. También se presentan como causas las deficiencias viales o fallos mecánicos del vehículo. Todo esto se distingue en cuanto al momento que se producen: antes (prevención), en el momento (disminución de lesiones o después del siniestro (conservación de la vida) (Aluana, 2015). De esta manera, la teoría del enfoque sistémico exige que el tránsito vehicular y de peatones sea guiado y controlado para hacerlo seguro, fluido, ordenado, organizado y con la menor probabilidad de accidentalidad valiéndose de dispositivos como las señales de tránsito, semáforos, cebras y todos los que indiquen al conductos y las personas la forma correcta de transitar (Sánchez, 2020). Todo lo anterior impulsado por una elemental formación educativa.

4.1.1 Accidente de tránsito

Se define como un evento involuntario, generado por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2023). Son hechos fortuitos, incontrolables, pero no inevitables. En Colombia los estudios sobre accidentes de tránsito indican que las infracciones de peatones y conductores suceden porque falta actividad pedagógica formativa sobre seguridad vial. Para caracterizar un accidente de tránsito se usan indicadores que permiten observar la situación de forma técnica. Así, al desarrollar un análisis se crea un marco de incidencia, causas, consecuencias, índices de frecuencia y soluciones (Sánchez, 2020). Si la información se triangula con el modelo pedagógico, se reconocen los propósitos, el nivel de generalización, la jerarquización, continuidad y secuencia de procedimientos para moldear la forma de entender la seguridad vial como prevención de accidentes y responsabilidad en el cuidado personal (BID, 2023)

La seguridad vial es un tema que acoge a toda la sociedad que debe tener una educación según los Artículos 55 y 56 del Código Nacional de Tránsito Ley 769 del 2002. El desplazamiento vehicular y peatonal debe ser guiado y controlado para que sea seguro, fluido, ordenado, y con la menor probabilidad de accidentalidad, bajo el concepto de planes y programas de cultura ciudadana para la movilidad, enfatizando en el conocimiento y cumplimiento de las normas de tránsito, y el aumento de la percepción del riesgo al transitar (OMS, 2023). Cabe recordar que desde el siglo XX se han seguido cuatro paradigmas o enfoques. De estos surgieron algunas metodologías de prevención. Uno de estos es el dictado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), cuya síntesis se observa en la siguiente tabla 2.

Tabla 2. Paradigmas de seguridad vial

Aspecto	Paradigma I	Paradigma II	Paradigma III	Paradigma IV
Periodo	1900-1935/35	1935/35-1965/70	1965/70-1980/85	1980/85
Descripción	Dominio del vehículo	Dominio de las situaciones de tránsito	Gestión del sistema de tránsito	Gestión del sistema de transporte
Idea principal y foco	Uso de los vehículos motorizados como carruajes	Adaptación del hombre al manejo de las situaciones de tránsito	Eliminación de los riesgos del sistema	Consideración de la exposición al riesgo. Regulación del sistema de transporte
Principales disciplinas involucradas	Aplicación de la ley (Enforcement)	Ingenierías vial y automotriz	Ingenierías medicina del tránsito. Estadísticas avanzadas	Tecnología avanzada. Análisis de sistemas. Sociología comunicación
Términos usados para los eventos indeseables	Colisión	Accidente	Victima	Costo Sufrimiento
Ideas sobre la inseguridad	Problemas de transición Etapas de ajuste	Problema individual de falta de ética o de habilidades	Defectos del sistema de tránsito	Exposición al riesgo
Contramedidas típicas	Inspección técnica de los vehículos Patrullas escolares	Estrategias de las 3E	Medidas combinadas para reducir los riesgos	Creación de redes Evaluación de costo

Fuente. información tomada de la OCDE sobre los paradigmas de seguridad vial para entender el desarrollo del pensamiento y como se llegó a las concepciones actuales (1997).

Cómo se observa, con cada paradigma el alcance de la seguridad vial se fue extendiendo, aunque los primeros no se reemplazaron, sí apoyaron la construcción de los últimos. Es decir, el proceso evolucionó hacia el enfoque de la prevención, partiendo de la identificación de las causas para llegar a generar medidas que priorizaran la prevención. Los modelos de causas fueron correlativos a la visión expuesta por cada paradigma. Los que pusieron atención en la mecánica del vehículo y los errores del conductor dieron paso a los modelos secuenciales, y cuando el tercer paradigma extendió el alcance de la prevención, se consideró al tránsito como organización compleja dentro de modelos epidemiológicos. En el cuarto, el alcance se extiende hacia la totalidad del transporte y se llama sistema sociotécnico global (Sánchez, 2020).

Por esta razón, el actual se define como global de transporte y se vale de la teoría del azar puro de Greenwood y Woods (1926) que es una herramienta útil para analizar eventos aleatorios que ocurren con poca frecuencia y de forma independiente entre sí. También se conoce como la hipótesis de Poisson. La tasa de llegada de eventos debe ser constante en un intervalo de tiempo determinado. Esto significa que la probabilidad de que ocurra un evento en un intervalo de tiempo corto es la misma que la probabilidad de que ocurra en cualquier otro intervalo de tiempo de igual duración. En seguridad vial se usa para analizar la frecuencia de accidentes de tránsito en un tramo de carretera o en un período de tiempo específico (Montoro, 2020).

En este mismo contexto surge la Teoría de la Propensión al Siniestro de Arbour y Kerrich (1951), también conocida como teoría de la culpabilidad individual, que busca explicar la frecuencia con la que los individuos se ven involucrados en accidentes de tránsito. Asume que los conductores no son todos iguales en cuanto a su propensión a sufrir accidentes. Algunos conductores son más propensos a sufrir accidentes que otros, debido a factores como su experiencia, habilidades al volante, comportamiento y actitud. También propone que la propensión al siniestro de los conductores se distribuye de acuerdo a una curva, donde algunos conductores tienen una propensión muy alta, otros tienen una propensión muy baja y la mayoría se encuentran en un punto intermedio. La probabilidad de que un conductor se vea involucrado en un accidente depende de su propensión al siniestro y de las condiciones del entorno en el que conduce (Montoro, 2020).

Fórmula de la propensión al siniestro:

$$P(A | C) = 1 - (1 - \lambda)^c$$

Donde:

- $P(A | C)$: Probabilidad de que un conductor se vea involucrado en un accidente (A), dado que ha conducido un número determinado de kilómetros (c).
- λ : Propensión al siniestro del conductor, que representa la probabilidad de que se vea involucrado en un accidente por kilómetro recorrido.
- c: Número de kilómetros recorridos por el conductor.

La teoría de la propensión al siniestro tiene diversas aplicaciones en el ámbito de la seguridad vial, incluyendo la identificación de conductores de alto riesgo, lo que permite implementar medidas preventivas específicas para estos conductores. Puede usarse para diseñar campañas de seguridad vial más efectivas, dirigidas a los grupos de conductores con mayor riesgo de sufrir accidentes y evaluar la efectividad de medidas de seguridad vial, como la implementación de límites de velocidad o la aplicación de leyes de tránsito (Montoro, 2020). También existe la teoría del riesgo cero de Naatanen y Sumala (1974), Montoro (2005), la teoría de la acción razonada y del comportamiento planeado de Ajzen (1975), y la teoría de la homeostasis del riesgo de Wilde (1988). Todas incluyen seguridad vial y aportaron al desarrollo posterior del concepto y principios de la seguridad vial.

4.1.2 La red vial nacional

La red vial nacional se clasifica según su jurisdicción, según sus características geométricas, según el tipo de terreno, el tipo de velocidad de diseño y según la estructura del pavimento. Según su jurisdicción, se encuentra la red primaria, la secundaria y la terciaria. La red primaria son las troncales, transversales y de acceso a las capitales departamentales que cumplen la función de integración de las zonas de producción y consumo, por norma deben de pavimentarse. La red secundaria, se compone de las vías que unen las cabeceras municipales entre sí o a la cabecera municipal con la carretera primaria. Estas vías pueden funcionar

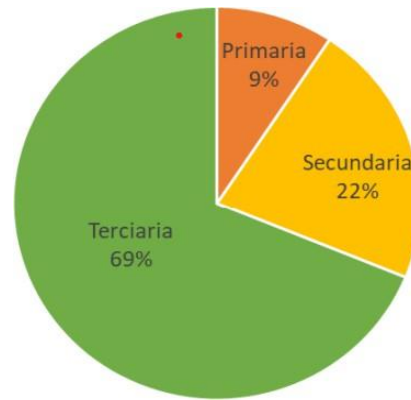
pavimentadas o en afirmado. Por último, las carreteras terciarias funcionan en afirmado, y si se pavimentan deben cumplir las condiciones geométricas de una vía secundaria (Ministerio de Transporte, 2008).

Según sus características geométricas, las vías reciben el nombre de autopistas, multicarril, bidireccionales, y unidireccionales. Las autopistas, son aquellas construidas para circulación a alta velocidad. Conectan capitales de departamento y no tienen acceso a propiedades colindantes. Sus intersecciones son a desnivel y no tienen cruces peatonales ni líneas de ferrocarril (Ministerio de Transporte, 2008). Las vías multicarril son de calzada separada para cada sentido de circulación. Tienen dos o tres carriles por sentido y los accesos se controlan. Las vías bidireccionales tienen una sola calzada, un carril por sentido o un carril en un sentido y dos en el sentido contrario, sin elementos de separación, los accesos a predios no son controlados. Las vías unidireccionales tienen una calzada y un carril en un solo sentido. Son vías locales con configuración determinada por la pendiente longitudinal (Ministerio de Transporte, 2008).

Según el tipo de terreno, se clasifican como vías en terreno planos aquellas con pendiente longitudinal entre 0% y 5%. Estas vías tienen como soporte un terraplén. Las vías de terreno ondulado tienen una pendiente entre el 5% y el 25%, sin dificultad para realizar el trazado. Además, este tipo de vías tiene alineamientos rectos y curvos. Por otra parte, las vías de terreno montañoso tienen una pendiente que varía entre el 25% y el 75%. Particularmente, este tipo de vías tiene pendientes transversales y longitudinales fuertes, con limitación de espacio para cualquier tipo de alineamiento. Por último, las vías de terreno escarpado tienen pendientes mayores al 75%, con máximas dificultades para el trazado y de espacio disponible. En específico, la construcción de estas vías requiere de un movimiento de tierras considerable

(Ministerio de Transporte, 2008). La figura 2 muestra una distribución aproximada de la red nacional de vías separadas de acuerdo con el tipo de vía.

Figura 2. Distribución porcentual de la red vial nacional



Fuente. Información tomada de INVIAS (2018)

Según la velocidad de diseño, el Ministerio de Transporte (2008), hace una recopilación, mostrada en la tabla 1, donde se caracteriza cada modelo de carretera dependiendo del tipo de terreno por el que transcurre y la jerarquía de cada una. Las variables del análisis son: velocidad de diseño, tipo de vía y tipo de terreno. Para la estructura de pavimento, se presenta en tierra vías que no tienen estructura, con sistema de drenaje natural. La subrasante pasa a ser rasante. Sólo son transitables en verano. En afirmado, las vías están con recebo, con una capa granular degradada. Se debe nivelar constantemente y tener un drenado para la época de invierno.

En pavimento flexible, son vías que tienen subbase de material granular apoyada en una subrasante, con compactación óptima y carpeta de rodadura asfáltica fina. En pavimento rígido, tiene una capa de concreto con acero de refuerzo. Su esfuerzo es igual a pavimentos asfálticos de alta durabilidad. Entre las vías de pavimento rígido se encuentran las placas huellas y las losas de transporte masivo como Transmilenio. En pavimento articulado, están los bloques de ladrillo de arcilla prensada o adoquines que se apoyan en una capa de arena (Ministerio de Transporte, 2008).

Tabla 3. Clasificación de vías según velocidad de diseño

Categoría de la carretera	Tipo de Terreno	Velocidad de diseño (km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Primaria de dos calzadas	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Primaria de una calzada	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Secundaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Terciaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											

Fuente. Tabla tomada de la información presentada en el Manual de diseño geométrico del Ministerio de Transporte (2008)

4.1.3 RILSA

Sigla de "Reglamento Integral de Localización y Señalización de Vías", es un conjunto de normas y lineamientos técnicos establecidos por el Ministerio de Transporte para el diseño, la instalación y el mantenimiento de la señalización vial en las carreteras públicas del país. Su objetivo es reducir el número de accidentes de tránsito mediante la implementación de una señalización clara y consistente que guíe a los conductores y peatones de manera efectiva. Garantiza que la señalización vial sea uniforme en un ambiente vial predecible y seguro para los usuarios. se basa en las mejores prácticas y estándares internacionales para la señalización vial, asegurando la compatibilidad con otros países y promoviendo iniciativas globales de seguridad vial (Ministerio de transporte, 2015).

RILSA, como norma técnica colombiana tiene como objetivo garantizar la seguridad, fluidez y comodidad de los usuarios de las vías públicas. Su estructura comprende seis capítulos con los siguientes contenidos:

1. Capítulo I: Disposiciones Generales que establecen el alcance, objeto y definiciones de la norma.
2. Capítulo II: Localización de la Señalización definiendo los criterios para la ubicación de la señalización vial, teniendo en cuenta la visibilidad, la velocidad de circulación y la geometría de la vía.
3. Capítulo III: Diseño de la Señalización bajo criterios de diseño que incluyen la forma, color, dimensiones, materiales, leyendas y símbolos.
4. Capítulo IV: Instalación de la Señalización bajo criterios de procedimientos, selección de soportes, fijación de señales y nivelación.
5. Capítulo V: Mantenimiento de la Señalización. Procedimientos para el mantenimiento de la señalización vial, incluyendo la limpieza, reparación, reposición y actualización.
6. Capítulo VI: Señales Especiales, como las señales de obras, las señales de información turística y las señales de zonas de bajas emisiones.

La norma RILSA incluye una serie de anexos que complementan la información contenida en los capítulos principales. Estos anexos son: el glosario de términos usados en la norma. Las especificaciones técnicas de materiales de los materiales utilizados en la fabricación de la señalización vial; los modelos de señales para diferentes aplicaciones; tablas de dimensiones y características de las señales; procedimientos de instalación detallados para la disposición de la señalización vial; y los procedimientos de mantenimiento de la señalización vial (Caro F. , 2021).

Su importancia se resume en ser instrumento fundamental para garantizar la seguridad vial en Colombia. La aplicación de la norma permite unificar criterios para la localización, diseño, instalación y mantenimiento de la señalización vial en todo el país, en un diseño que

garantizan la visibilidad de la señalización en diferentes condiciones de iluminación y clima. La aplicación correcta de la norma contribuye a reducir la siniestralidad vial, especialmente de aquellos accidentes provocados por la falta de señalización adecuada. En caso contrario, la ubicación asertiva facilita la circulación de los usuarios de las vías, mejorando la fluidez y comodidad del tránsito. Por ser un documento dinámico, la norma se actualiza periódicamente para incorporar nuevos avances tecnológicos y conocimiento en materia de seguridad vial. La última actualización de la norma RILSA se realizó en el año 2020 (Caro F. , 2021).

4.2 La Placa huella

Se define como placa huella de vía terciaria a la vía de concreto reforzado que se caracteriza por pendientes altas y volúmenes de tráfico relativamente bajos. Se puede afirmar que el tráfico de vehículos pesados, como buses y camiones, es significativamente más bajo que el tráfico de automóviles, motocicletas, biciusuarios y peatones. La placa huella se usa para mejorar vías terciarias (Departamento Nacional de Planeación, 2016). Se caracterizan por tener pendientes longitudinales que varían entre un 5% y un 20% y se encuentran principalmente en áreas montañosas o con desniveles significativos. El diseño de estas vías incluye elementos estructurales como vigas y viguetas, así como sistemas de drenaje superficial para evacuar el agua de escorrentía (Arellano, 2015). En la figura 3, se relacionan tres ejemplos de placa huella que registra el DNP en sus estudios.

Figura 3. Ejemplos de placa huella



Fuente: (www.chachagui-narino.gov.co, s.f.)



Fuente. Información tomada de DNP, proyectos tipo alternativa de solución que contempla una estructura placas de concreto hidráulico y ciclópeo con una capa de subbase granular; sin embargo, también existen soluciones estructurales como capas de suelo – cemento (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

También existe una placa huella de planchas de concreto hidráulico, separadas por piedra pegada, localizadas cada una a 3 m de longitud (Departamento Nacional de Planeación, 2016). Las vigas inicial y final son de 0,20 m de ancho por 0,30 m de altura y van en todo lo ancho de la vía. También se debe hacer un relleno de 15 cm de subbase granular y se debe considerar formar una pendiente transversal (Departamento Nacional de Planeación, 2016). Esta técnica tiene uso en convenios entre el INVIAS y las entidades territoriales para mejoramiento de vías terciarias que se han afectado por las condiciones críticas del drenaje, la estabilidad de taludes o las condiciones geológicas o geotécnicas de los terrenos donde se encuentran (Empresas Públicas de Medellín, 2018).

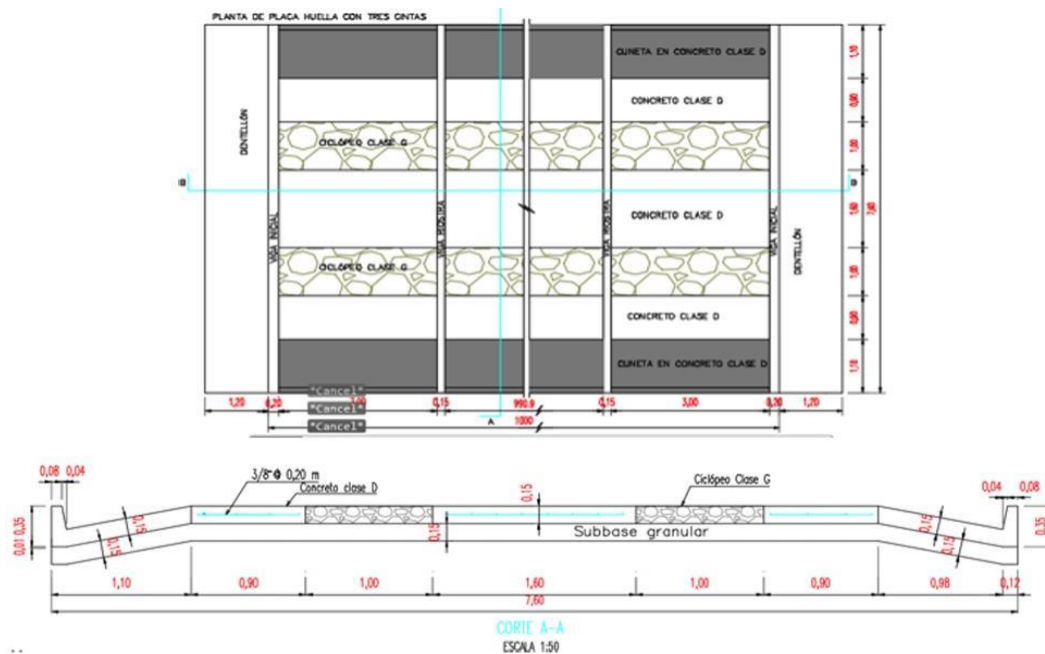
El concreto usado en la construcción de placas huellas es de alta calidad y resistencia, con un módulo de resistencia a la compresión de al menos 210 kg/cm², para garantizar la durabilidad del pavimento a lo largo de varios años (Empresas Públicas de Medellín, 2018). Además, se deben seguir las recomendaciones de las guías de diseño, como la Guía de diseño de Pavimentos con Placa Huella del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), para asegurar la seguridad y confort

de los usuarios y la adecuada transmisión de esfuerzos y deformaciones a lo largo y ancho de los elementos estructurales (Empresas Públicas de Medellín, 2018). Como existen diferentes tipos de placa huella, los profesionales recomiendan desarrollar un estudio de suelos para conocer la capacidad de soporte o subrasante, para suelos con resultados de CBR superiores a 3%, es decir suelos cuya capacidad de soporte de la subrasante esté entre la clasificación de Pobre a Muy Buena (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

La superficie de apoyo del material granular o subbase de la placa huella, debe nivelarse y compactarse al noventa y cinco por ciento 95% mínimo, según la norma de ensayo INV E-142, corrigiendo presencia de partículas gruesas, según la norma INV E-228. La superficie se humedece después de compactarse para colocar el concreto. Los tipos de placa huella son:

1. Placa huella Tipo 1. Compuesta por dos cunetas en cada uno de los costados, tres rieles de concreto reforzado, dos de 0,90 m de ancho contiguos a las cunetas, de 1,6 m de ancho en el centro de la placa. Permite la circulación de vehículos en doble sentido. El espesor de losa es de 0,15 m de concreto ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$). Con contrafuerte cimentado sobre la misma base que tenga la cuneta. El recebo cemento se apisona en capas con altura máxima de 0,15 m. Los rieles deben separarse por placas de concreto ciclópeo, compuesto de concreto simple y agregado (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

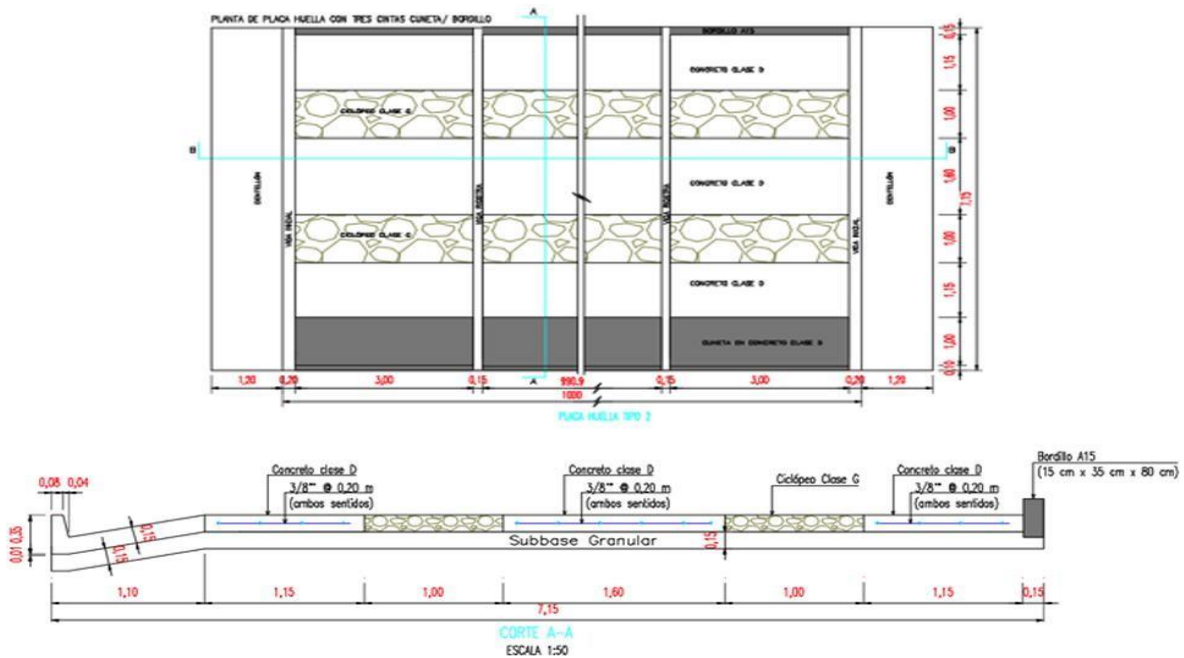
Figura 4. Placa huella tipo 1



Fuente. Información tomada de DNP, proyectos tipo alternativa de solución sobre explicación teórica de cómo trabajar una vía terciaria con placa huella (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

2. Placa huella Tipo 2: El ejemplo muestra tres franjas de concreto reforzado contiguo a la cuneta, una en el centro de la vía y la otra en la parte final del bordillo tipo A15 de 80 cm x 35 cm x 15 cm. Permite la circulación de vehículos en doble sentido. Si el bordillo o cuneta no tiene adyacente una estructura de piso que impida el volcamiento o desplazamiento ante el empuje, se construye un contrafuerte con las especificaciones del tipo de placa huella 1. Como este tipo de obra se construye en terrenos inclinados, se deben anclar con dentellones las placas colindantes a las transiciones para que no se desplacen por la pendiente del terreno y la fuerza de empuje de los vehículos sobre las rampas (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

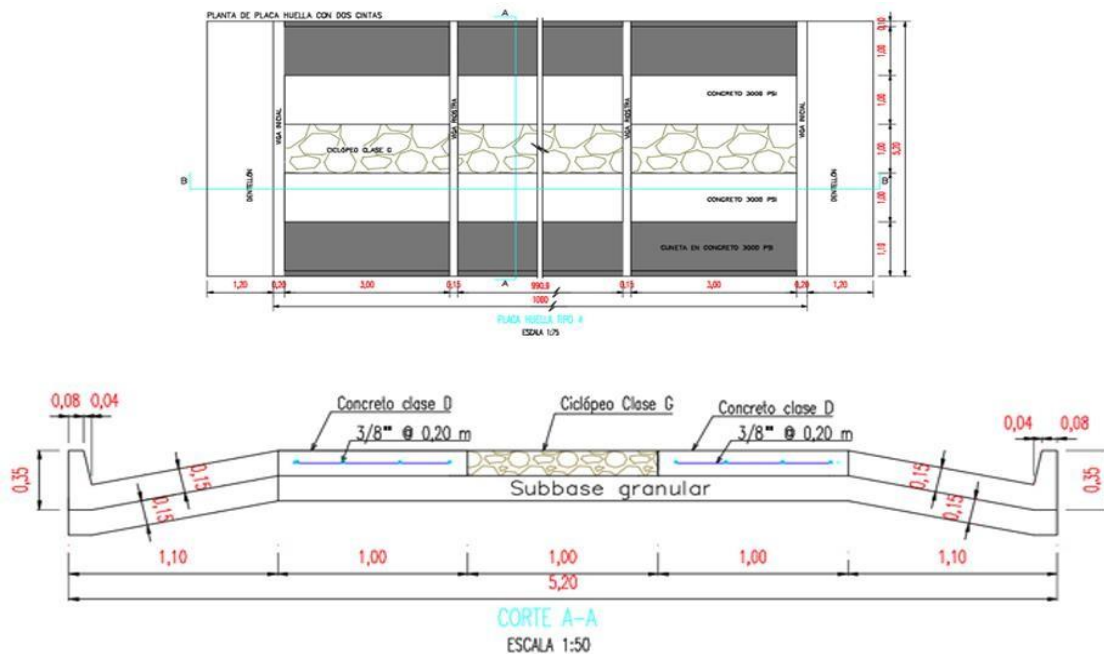
Figura 5. Placa huella tipo 2



Fuente. Información tomada de DNP, proyectos tipo alternativa de solución sobre explicación teórica de cómo trabajar una vía terciaria con placa huella (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

3. Placa huella tipo 3: Compuesta por dos rieles de concreto reforzado contiguos a la cuneta, para circulación de vehículos en un sentido. Los espesores y refuerzo de la placa son similares a los de la placa dos. Los rieles están separados por dos placas de concreto ciclópeo que compone de concreto simple y agregado ciclópeo angular. Se debe proporcionar a la placa huella, resistencia al deslizamiento por efectos de pendiente, por eso, en los extremos de la estructura se colocan dentellones con placas de transición para evitar el movimiento del material de la subrasante, producto del ascenso y descenso de vehículos por la placa (Empresas Públicas de Medellín, 2018).

Figura 6. Placa huella Tipo 3



Fuente: Información tomada de DNP, proyectos tipo alternativa de solución sobre explicación teórica de cómo trabajar una vía terciaria con placa huella (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

La piedra pegada que conforma la franja aledaña a la placa huella en concreto, es una capa de concreto ciclópeo, es decir, hormigón de piedras grandes, se ubica a los costados laterales y central. De esta forma se reducen costos de construcción porque se considera material más económico que el control convencional. Además de lo anterior, es un material que lleva a las personas a circular sobre la huella, por lo cual, la piedra pegada favorece la estética del sistema y mitigar la entrada de agua a la estructura. La berma cubeta, como drenaje superficial, se construye monolíticamente en concreto reforzado que se une a la placa por medio de riostras⁴. Su función es canalizar para después recolectar las aguas lluvias y esorrentía. Sirven como espacio

⁴ Travesaño, atravesado

temporal de estacionamiento y soportar flujo del tránsito (CEMEX, 2023). Según INVÍAS, esta parte de la estructura es elemento rigidizador de la placa huella (INVÍAS, 2015).

Es importante destacar que las riostras son vigas transversales de concreto reforzado que se apoyan sobre el soporte del pavimento. Su función es brindar aislamiento transversal y longitudinal a los elementos que conforman la base de la placa huella (INVÍAS, 2015). El bordillo, cordón o sardinel, une la acera transitable para peatones con la calzada de los vehículos. Es un pequeño escalón entre las dos superficies para evitar que tanto los vehículos como el agua invadan la acera. Debe ser consistente con soportar las cargas que, de acuerdo con la norma se debe presentar, para que no se genere una falla estructural (CEMEX, 2023).

4.3 Señalización de placa huella

Las placas huellas de vía terciaria, por su naturaleza y características, presentan condiciones geométricas tanto verticales como horizontales que no están completamente reguladas por normativas específicas. Esto puede generar dificultades en la implementación de señalización horizontal y vertical que garantiza la seguridad vial de las comunidades que utilizan estos corredores viales (Correa & Suarez, 2019). La falta de una normatividad adecuada puede llevar a la implementación de señales que no sean lo suficientemente claras o que no cumplan con los estándares de seguridad necesarios para los usuarios que comparten el espacio, como peatones y comunidades veredales. Esto puede resultar en un uso inseguro de la vía, ya que los usuarios pueden no entender correctamente las señales o no estar preparados para las condiciones de conducción asociadas con estas vías (INVÍAS, 2008).

En este contexto, de acuerdo con el Manual de Señalización Vial (2015), los tipos de señales para vías de placa huella son:

- a. Señales verticales: Preventivas, reglamentarias e informativas.

- b. Señales horizontales: Marcas en el pavimento que indican la dirección del tráfico, bordes de la calzada, zonas de pare y cruce de peatones.
- c. Señales luminosas: Semáforos, balizas, luces intermitentes.
- d. Señales audibles: Timbres, campanas, sirenas.
- e. Señales especiales: Señales para ciclistas, señales para zonas escolares, señales para zonas de construcción (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Para la ubicación y diseño de las señales en vías de placa huella, se debe seguir la normativa técnica de diseño y señalización vial. Las señales deben ser visibles desde una distancia adecuada, con ubicación estratégica en puntos de decisión y zonas de riesgo. La altura y ángulo de instalación debe ser el adecuado para la visibilidad de los conductores. Cuando las señales llevan mensajes, estos deben ser fáciles de entender y recordar, fabricados en materiales resistentes y que soporten las condiciones climáticas y el vandalismo (Correa & Suarez, 2019). Es importante recordar que, como soporte de conocimiento, existen manuales y guías de señalización para placa huella, tanto del Ministerio de Transporte como del Instituto Nacional de Vías INVIAS. La señalización debe ser uniforme y coherente en todo el corredor vial. A lo largo de las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá, el promedio de velocidad es de 20 km/h porque se presentan altas pendientes, falta longitud entre tangencia y tramos cortos de curvas porque no se facilita la transición entre las curvas.

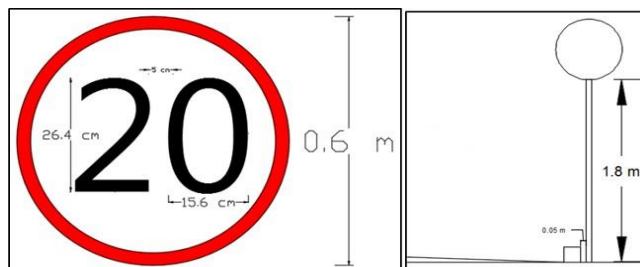
Figura 7. Señales reglamentarias



Fuente. Información tomada del Manual de Señalización Vial (2015)

La mayoría de las señales reglamentarias tienen forma circular o de rectángulo cuando llevan leyenda adicional, excepto el Pare SR-01, Ceda el Paso SR-02, Sentido Único de Circulación SR-38 y Tránsito en Ambos Sentidos SR-39. Su fondo es blanco, excepcionalmente rojo. La orla es roja. Algunas veces verde o negra, y su símbolo negro, blanco y gris (Ministerio de Transporte, 2015). De este grupo, la más importante para los municipios de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá es la de velocidad máxima, la cual, por las características de los municipios que se usan como unidad de estudio, debe estar ubicada en el costado derecho en las abscisas K0+052m y K0+685m en dirección oeste y en las abscisas K0+968m y K0+125m en dirección este, porque en la zona se llega a desarrollar mayor velocidad por la pendiente y tramos rectos de más de 80 m, por tanto es necesario indicar una velocidad máxima de 20 km/h (Ministerio de Transporte, 2015).

Figura 8. Características señal de velocidad máxima



Fuente. Información tomada del Tomado del Manual de Señalización vial (2015)

4.4 Marco conceptual

Se trabaja desde el Manual para estudios de Tránsito y Transporte (1998), que ofrece la información sobre los volúmenes de tránsito que se explican a continuación.

4.4.1 Volumen de tránsito:

Se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado. Este volumen puede ser: Tránsito semanal (TS), o número total de vehículos que pasan en la semana; Tránsito diario (TD), o número total de vehículos que pasan durante un día; y Tránsito horario (TH), o número total de vehículos que pasan durante una hora (Ministerio de Tránsito y Transporte, 1998).

4.4.2 Tránsito promedio diario (TPD):

El número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos), igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo contemplado (365 si es anual, 30 si es mensual, y 7 si es semanal) (Ministerio de Tránsito y Transporte, 1998).

4.4.3 Volumen horario de máxima demanda (VHMD):

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular (Ministerio de Tránsito y Transporte, 1998).

4.4.4 Brecha o claro:

Es la distancia y tiempo libre entre dos vehículos consecutivos, expresada en metros o segundos entre los dos vehículos, equivalente a la separación entre ellos, medida desde la

defensa trasera del primer vehículo hasta la delantera del segundo (Ministerio de Tránsito y Transporte, 1998)

4.4.5 Uso de los volúmenes de hora pico

Los volúmenes de hora pico tienen tres usos principales: determinar deficiencias en la capacidad; justificar o planear dispositivos de control de tránsito; y justificar otras medidas regulatorias como estacionamientos, restricciones de vueltas y paradas (Correa & Suarez, 2019).

4.4.6 Clasificación de volúmenes

Los conteos de volúmenes en intersecciones se realizan para determinar, el tránsito total que entra en la intersección, por cada acceso; el tráfico de cada movimiento de vuelta posible; el total de tráfico por periodo; y la clasificación de vehículos por tipo (Ministerio de Tránsito y Transporte, 1998).

4.4.7 Conteos de volumen peatonal.

Se realizan en ubicaciones con problemas (a menudo donde los peatones se ven involucrados en accidentes de tránsito), y en cruces peatonales. Los conteos peatonales proveen datos básicos necesarios para evaluar la efectividad de las vías menores, se evalúa de acuerdo a la cantidad de concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora (Fernández & Hernández, 2019). Esto es:

$$FHMD = VHMD / N(q_{max})$$

Dónde:

- ✓ FHMD: factor horario de máxima demanda.
- ✓ VHMD: volumen horario de máxima demanda.
- ✓ N: número de periodos en que se subdivide la hora de máxima demanda.
- ✓ q_{max}: volumen máximo que se presenta en el subperiodo de máxima demanda.

Las variaciones de los volúmenes de tránsito, a lo largo de las horas del día, dependen del tipo de ruta, según las actividades que prevalezcan en ella (Fernández & Hernández, 2019).

4.4.8 Estudios de volúmenes de tránsito

Los estudios sobre volúmenes de tránsito se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos y personas. Se tienen en cuenta puntos o secciones específicas dentro del sistema vial de carreteras o calles. Estos datos se expresan en relación con el tiempo y el conocimiento que se tenga de él, para el desarrollo de métodos que permitan ofrecer soluciones. Los datos recolectados en un estudio de volúmenes de tránsito dependen de la aplicación que se les dé. Por ejemplo, algunos estudios requieren detalles de la composición de vehículos y los movimientos direccionales, mientras que otros sólo exigen conocer los volúmenes totales (Orobio & Orobio, 2021). Los volúmenes de tránsito se pueden medir por conteo manual o automático. Su recopilación puede variar desde la simple recopilación de volúmenes, hasta la detallada compilación de datos sobre la composición de vehículos y los movimientos direccionales (Fernández & Hernández, 2019).

Los conteos manuales son especialmente útiles para conocer el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones y la composición vehicular, mientras que los conteos automáticos son más adecuados para volúmenes por carriles individuales y para periodos de tiempo más largos. (Ramírez, 2016). La información obtenida de estos estudios es crucial para la planificación y gestión del tráfico en la red vial. Los volúmenes de tránsito pueden ayudar a:

- Clasificar sistemáticamente las redes de carreteras.
- Estimar los cambios anuales en los volúmenes de tránsito.
- Desarrollar modelos de asignación y distribución de tráfico.
- Caracterizar flujos vehiculares.

- Medir la demanda actual en calles y carreteras.
- Evaluar los flujos de tránsito actuales en relación con el sistema vial.
- Definir el sistema arterial de las calles con máxima demanda.
- Evaluar deficiencias de capacidad.
- Establecer controles en el tráfico, como señales, semáforos y marcas viales.
- Analizar flujos máximos y variaciones del flujo dentro de las horas de máxima demanda.
- Analizar las características de los volúmenes máximos (Ramírez, 2016)

En resumen, los estudios de volúmenes de tránsito son fundamentales para entender y gestionar el tráfico en un sistema vial, permitiendo a los planificadores y gestores tomar decisiones informadas sobre la infraestructura, el control del tráfico y la planificación urbana.

4.4.9 Características de volumen

Los volúmenes de tránsito cambian, tanto en el espacio como en el tiempo. Estas variaciones son determinantes críticos de cómo se utilizan las infraestructuras de un camino, y controlan muchos de los requerimientos de planeación y diseño para servir adecuadamente la demanda de tráfico (Ramírez, 2016).

4.4.10 Volúmenes de tránsito

Se define el Volumen de Tránsito como el número de vehículos o personas que pasa por un punto o sección transversal dado, de un carril o calzada, durante un período determinado

$$Q = \frac{N}{T}$$

- Q: Vehículos que pasan por unidad de tiempo
- N: Total de vehículos que pasan
- T: Periodo determinado (Fernández & Hernández, 2019)

La infraestructura vial (calles, carreteras, intersecciones, terminales) está sujeta a ser solicitada y cargada por volúmenes de tránsito, los cuales poseen características espaciales (ocupan un lugar) que resultan del deseo de las personas por realizar un viaje entre determinados orígenes y destinos; y características temporales (consumen tiempo) que son producto de los patrones de viaje basados en el tiempo – desplazamientos en ciertas épocas del año, determinados días de la semana o en horas específicas (Fernández & Hernández, 2019).

4.4.11 Intensidad de tránsito

La intensidad de tránsito se define como la relación entre el volumen horario de máxima demanda y el flujo máximo presentado durante un periodo dado de dicha hora. Un volumen de hora pico (máxima demanda), a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo se constante durante toda la hora.

$$FHP = VHP / (4 \times q \text{ 15 min})$$

$$FHP = VHP / (12 \times q \text{ 5 min})$$

$$\text{Tránsito Horario [TH]} T = 1 \text{ hora}$$

4.4.12 Periodo de diseño

El uso industrial del carril y bajo los lineamientos del Manual de Diseño de Pavimentos de Medios y Altos Volúmenes de Tránsito (2008), permite clasificarlo como categoría III; Caminos rurales con tránsito mediano, caminos estratégicos, con un tránsito promedio diario unidades de tránsito. Se define de acuerdo con la tabla 2.3 del Manual de Diseño, como periodo de diseño 10 años (Londoño & Álvarez, 2008)

4.4.13 Estimación del Tránsito

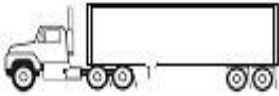
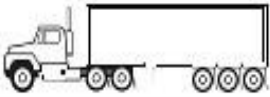
Una correcta planificación de la estructura de un pavimento exige, además del conocimiento de las condiciones físicas y estructurales de la vía, una apropiada valoración del

tránsito actual y futuro de la misma. Desde el punto de vista estructural, la estimación del tránsito requiere conocer el número de ejes por carril y su distribución en diferentes grupos de carga, para la actualidad y para la vida futura del diseño. Interesa, además, conocer el efecto destructivo de vehículos circulantes y, especialmente, la incidencia estructural de una pasada de cierto eje respecto de otros de diferente magnitud (Fernández & Hernández, 2019).

4.4.14 Tránsito estimado de servidumbre

De acuerdo con los parámetros de medición de volúmenes vehiculares y con base en información de movimiento de carga en las vías internas, se determinan los tipos de camiones y los volúmenes de tránsito y que utilizarían la vía objeto del estudio. En la figura 9 se muestran los tipos de vehículos que pueden utilizar una determinada vía, haciendo énfasis en la cantidad de ejes (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Figura 9. Representación de vehículos de carga comunes en Colombia

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión sencillo
3		Camión de tres ejes Dobletroque
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Fuente. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito (Ministerio de Tránsito y Transporte, 1998)

4.4.15 Tasa de crecimiento del tránsito

Se utiliza la información registrada en el Manual de Diseño de Bajos Volúmenes de Tránsito (Londoño & Álvarez, 2008), para las series históricas del Instituto Nacional de Vías, en las carreteras con bajos volúmenes de tránsito durante el período 1996 a 2005.

4.5 Marco normativo

El marco normativo para la señalización de vías terciarias en Colombia está compuesto por diversas leyes, decretos, resoluciones y manuales técnicos. Algunos de los documentos más importantes son: la Ley 769 de 2002, que corresponde al Código Nacional de Tránsito Terrestre; y la Ley 1819 de 2016 o Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país", que dieron paso a programas, decretos y normativa general para las vías municipales. De igual manera, el Decreto 1739 de 2002 que reglamenta el Código Nacional de Tránsito Terrestre, y el Decreto 1079 de 2015, por el cual se adoptó el Manual de Señalización Vial. En materia de resoluciones específicas, se pueden citar la Resolución 0001885 de 2015, por medio de la cual se adoptó el Manual de Señalización Vial y la Resolución 2451 de 2022, que aclaró las especificaciones generales de construcción para la regulación de nuevas tecnologías, como norma técnica para los proyectos de infraestructura de la Red Vial Nacional.

En cuanto a Manuales técnicos, se cuenta con el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte y la Guía Técnica para la Señalización de Vías Terciarias del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). Desde este marco nacen las disposiciones que deben cumplir las vías terciarias del país. Es importante tener en cuenta que la responsabilidad de la señalización de las vías terciarias recae en los entes territoriales, es decir, los municipios y departamentos, que deben:

- Desarrollar e implementar un plan de señalización vial para las vías terciarias bajo su jurisdicción.
- Procurar que la señalización cumpla con las normas técnicas y legales vigentes.
- Realizar el mantenimiento y la reposición de las señales de manera regular.

Además del marco normativo nacional, también existen normas y reglamentos locales de cada municipio o departamento. Existe una lista normativa que se debe aplicar a proyectos en desarrollo o a nuevos proyectos que se vayan a emprender, la cual se resume en la siguiente tabla guía que se encarga de aclarar porque la señalización adecuada es fundamental para la seguridad de los usuarios de las vías terciarias, ya que informa sobre las condiciones de la vía, límites de velocidad, curvas peligrosas, intersecciones, etc., permitiéndoles tomar decisiones de conducción más seguras. Además, la falta de señalización o una señalización deficiente puede aumentar el riesgo de accidentes de tránsito, con graves consecuencias para la vida, la salud y el bienestar de las personas.

Las vías terciarias son una importante infraestructura vial para el desarrollo rural, conectando comunidades y facilitando el transporte de productos agrícolas, lo cual, contribuye a la equidad, brindando a los usuarios de las zonas rurales las mismas condiciones de seguridad vial que en las zonas urbanas.

Tabla 4. Compilado normativo para señalización vial en Colombia

Título de la norma	Organismo Emisor	Norma	Revisión
Ensayos de Materiales para Carreteras	Dirección General INVÍAS	Resolución No. 008067 de 1996	R 002661/02 R. 03290/0707
Especificaciones Generales Construcción de Carreteras	Dirección General INVÍAS	Resolución. 008068 de 1996	R. 002662/02 R 03288/07.
Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras Dos Carriles	INVÍAS	Resolución No. 005864 de 1998	
Manual de Diseño Geométrico para Carreteras (2008)	INVÍAS	Resolución No 000744 del 04 de marzo del 2009	Norma técnica para proyectos de red vial Nacional
Manual de señalización	Ministerio de Transporte	Resolución No. 001050 de 2004	Norma técnica red vial nacional
Manual para Manejo de Tránsito	Secretaría de Tránsito y Transporte	Obras civiles en zonas urbanas	Norma técnica nacional
Guía diseño de pavimentos con placa huella (2015)	Ministerio de Transporte - INVÍAS	Resolución 0004401 de 2017	recomendaciones para pavimento placa huella
Modifica Manual de señalización vial-tránsito calles, carreteras, ciclorrutas	Ministerio de Transporte	Resolución 004577 de 23 de septiembre de 2009	Señales específicas para uso general
Manual de señalización vial-dispositivos en calles, carreteras-ciclorrutas	Ministerio de Transporte	Resolución 0001885 de 17 de junio de 2015	Uniformes para regulación de tránsito
Guía del programa Colombia Rural	INVÍAS	Resolución 2483 de 19 de octubre de 2020	Documento marco programa Colombia rural
Guía de emprendedores Rurales	INVÍAS	Resolución 2483 de 19 de octubre de 2020	Documento marco programa Colombia rural
Guía de Construcción de placa Huella Colombia Rural	INVÍAS	Resolución 2483 de 19 de octubre de 2020	Documento marco programa Colombia rural
Cartilla de obras menores drenaje y estructuras viales	INVÍAS	Resolución 2483 de 19 de octubre de 2020	Documento marco programa Colombia rural
Instituto Nacional de Vías Regionales	Presidencia de la República	Decreto 1961 de 2023	Fomento a construcción, mejoramiento y conservación de caminos vecinales

Fuente. Creación propia a partir de marco teórico y estado del arte del estudio desarrollado sobre señalización de vías terciarias construidas en placa-huella (2024)

5 Estado del Arte

El presente estado del arte tiene en como base de desarrollo los avances en la investigación que se han realizado sobre la señalización de placa huella en Colombia, aunque la mayoría se han centrado en la evaluación de la reflectividad de las señales y el diseño de señales

para zonas escolares. En la investigación de Gustavo Cepeda (2019), se destaca que para ese momento Colombia ocupaba el puesto 110 dentro del ranking de calidad de carreteras del Foro Económico Mundial. Por esta razón, el gobierno nacional decidió potenciar el desarrollo económico de las regiones con la construcción de más kilómetros de vías en placa-huella desde un programa denominado “Colombia Rural”. En la investigación, el autor desarrolla factores técnicos que se deben tener en cuenta para el diseño geométrico, la señalización y los elementos de contención lateral de las vías terciarias, tomando como caso de estudio al municipio de Tena Cundinamarca (Cepeda, 2019), razón por la cual, se aprovecha como marco de antecedentes del uso de placa huella.

De igual manera, la investigación de Alonso Correa y David Suárez (2019), presenta el diseño geométrico de una vía alterna para solucionar problemas de movilidad entre las inspecciones de la Gran Vía del municipio de Tena y La Esperanza del municipio de La Mesa en el Departamento de Cundinamarca. En el contenido del trabajo se determina el uso de la placa-huella como superficie de rodadura, porque las altas pendientes de la zona y la presencia de material rocoso grava favorecen su construcción. Es una investigación que explica con claridad la elección del tipo de placa-huella que más se ajusta a las exigencias de la zona de trabajo y los criterios de regulación del tránsito, con apoyo de software computacionales como ArcGIS y CivilCAD3D se convierte en una visión muy cercana a la realidad (Correa & Suarez, 2019).

Aunque no existe un estudio integral que aborde la señalización de placa huella en vías terciarias desde una perspectiva amplia o que considere aspectos como la seguridad vial, las necesidades de los usuarios, las condiciones de las vías y el marco normativo, los que hasta ahora se han desarrollado se especializaron en la caracterización de la placa huella, su uso y oportunidad para mejora de vías terciarias que así lo requieran. Se puede deducir, que existe un

vacío de conocimiento sobre el desarrollo de metodologías que evalúen la eficacia de la señalización de placa huella en estas vías e identifique las necesidades específicas de señalización en las diferentes vías terciarias que existen en el país.

la investigación académica de Contreras y Muñoz (2015), diseña un manual para construcción de placa huella como aporte al desarrollo vial en Colombia. Es un trabajo que muestra al detalle el paso a paso de la construcción de una vía, mediante un registro fotográfico y una descripción de cada etapa del proceso. También se incluye información general sobre los materiales, dimensiones, acabados, recomendaciones, descripciones; necesarias para la debida construcción de la placa huella en los sectores rurales del país (Contreras & Muñoz, 2015). El aporte de este manual es la posición de conocimiento teórico que debe referenciar todo profesional para emprender la construcción y el mantenimiento de una vía terciaria.

Algunas investigaciones relacionadas con la placa huella en Colombia, son informes que abarcan una amplia gama de proyectos de infraestructura vial, enfocados en mejorar las condiciones de las vías terciarias en zonas rurales y remotas del país. Estos proyectos son cruciales para transformar la vida de las comunidades rurales, mejorando su acceso a servicios básicos, facilitando el comercio y promoviendo el turismo. Por ejemplo, en Córdoba 2.800 kilómetros de placa huella en dos tramos, que beneficia a comunidades del corregimiento Callejas y otros puntos del departamento. Se entregaron el año 2021. Este proyecto, que costó \$5.098 millones, se financió a través de regalías por la explotación de hidrocarburos y fue una iniciativa colaborativa entre autoridades locales y regionales (Gobernación de Córdoba, 2022). En Páez, Boyacá, se inauguró una placa huella en la vía de acceso al centro poblado de la vereda Sirasí, beneficiando a aproximadamente 60 familias víctimas del conflicto armado y a toda la

región. Este proyecto también involucra a la Unidad para las Víctimas y la Alcaldía local (CEMEX, 2023)

En el departamento del Quindío, la inversión tuvo como objetivo mejorar las vías terciarias mediante el uso de placas huella. Este proyecto, ejecutado por la Empresa para el Desarrollo Territorial Proyecta, benefició a la población habitante de las zonas rurales del departamento. Se mejoró la movilidad y se garantizó una conexión eficiente con las zonas urbanas, mejorando el transporte y movilización de productos agrícolas que contribuyen con el desarrollo económico y turístico de la región (Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2023). Estos trabajos resaltan la importancia de la placa huella como una estrategia de desarrollo vial en Colombia, especialmente en regiones rurales y apartadas. La implementación de placa huella no solo mejora la calidad de vida de las comunidades locales, sino que también contribuye a la competitividad del campo, reduciendo costos de transporte, precios de insumos agrícolas, acortando tiempos de viaje y potencialmente aumentando los ingresos de los agricultores.

La investigación de Orobio y Orobio (2016), se encaminó hacia hacer una modelación con elementos finitos para estudiar el comportamiento de los pavimentos con placa-huella ante diferentes condiciones de carga y soporte. Los investigadores analizaron la posibilidad de diseñar pavimentos con placa-huella de concreto simple para cargas máximas del camión C3 y con periodo de diseño de 20 años. El principal resultado es que bajo el criterio de fatiga esto sería posible, pero el comportamiento por erosión de los pavimentos es incierto, porque en la actualidad no existe suficiente información para calibrar un modelo para realizar la evaluación por este criterio (Orobio & Orobio, 2021). Es importante destacar que a lo largo de la historia los kilómetros de vía de la red vial nacional han incrementado, aunque persisten los problemas de

desarrollo, por eso Colombia es calificado como uno de los peores países en cuanto a la calidad de sus carreteras (Zamora & Barrera, 2012).

Para 2017, el Índice Global de Competitividad (IGC) aseguró que una de las mayores falencias es la infraestructura, porque a pesar de las inversiones realizadas, la calidad de las vías es deficiente. En consecuencia, la infraestructura ferroviaria y de carreteras ocupan el puesto 84 de 138 países evaluados (ANIF, 2017). Una investigación publicada por Fedesarrollo en 2013 ya mostraba que en Colombia existía un déficit de 45 mil kilómetros de vías, que correspondían al 26 % del total de vías que existían en ese momento, lo cual permitió proyectar que, para disminuir ese déficit, el país debía tener un desarrollo vial adecuado a las características del país (Yepes, 2013). Es importante destacar que, actualmente se encuentran datos dispersos sobre la extensión de la red terciaria porque no se ha hecho un inventario completo de la red nacional. Sin embargo, entidades como el INVIAS, el DNP y la ANI han asegurado que existen 142.284 km de vías terciarias, de los cuales 27.000 km están a cargo del INVIAS, 13.959 km son responsabilidad de los departamentos y 10.0748 km de los municipios (Findeter, 2023).

Aunque la red terciaria es la más extensa del país, y no hay información exacta de su longitud porque se ubican en lugares remotos, con caminos vecinales y vías privadas, el Ministerio de Transporte, estima que la red terciaria tiene una longitud de casi 143.000 km, un número muy similar al que entrega Findeter, de los cuales solo 1400 km están pavimentados. El ministerio asegura que la malla vial terciaria se encuentra bajo la gestión de los municipios, por lo cual, se dificulta la información veraz, el seguimiento y el mantenimiento de esta clase de vías (Ministerio de Transporte, 2023). Esta situación destaca la necesidad de implementar planes y políticas que permitan mejorar la infraestructura vial terciaria en Colombia. La mejora de la

calidad de las vías y su pavimentación es esencial para garantizar la seguridad y eficiencia del transporte, y para reducir el impacto ambiental de la erosión y la contaminación del suelo.

Además, la actualización y sistematización de la información sobre la red terciaria permitirá una mejor planificación y gestión de los recursos viales, así como la identificación de oportunidades para la inversión en mejoras y expansión de la red. En el trabajo de grado de Castro y Sabogal (2018), ya se enfatizaba en la necesidad de conocer datos de las vías terciarias para ofrecer soluciones teóricas y prácticas sobre prediseños estructurales de la Placa Huella y las obras de arte para una vía terciaria. Especialmente la que une el casco urbano del Municipio de Fómeque con la Vereda Lavadero, teniendo en cuenta el Manual del INVIAS. Para llevar a cabo el trabajo las investigadoras levantaron aforos vehiculares, ensayos de laboratorio, estudio geotécnico e hidrológico y análisis del Presupuesto de Obra. El fin era dar una solución a la comunidad que hacía uso de la vía, ya que esta les permite tener un tránsito cómodo y seguro (Castro & Sabogal, 2018).

El aporte de la investigación es el haber abordado el desarrollo por etapas que van desde la caracterización de dificultades que se presentaban en la vía, hasta la presentación del proyecto a la Junta de Acción Comunal de la vereda Lavadero y a la Alcaldía Municipal de Fómeque. Se desarrollaron estudios de campo, de tránsito, hidrológicos, geotécnicos y geométricos con el fin de aumentar y favorecer el impacto final del prediseño estructural de la placa huella y las obras de arte de la vía (Castro & Sabogal, 2018). La importancia de esta investigación para el presente estudio está en que hace un manejo claro de las técnicas profesionales que se deben aplicar en un análisis de este tipo.

Finalmente, se consulta y reseña el documento escrito por Walter Chavarro y Carolina Molina (2015), quienes desarrollan un análisis sobre el adecuado mantenimiento de la red vial

nacional que normalmente se ve afectada por las diversas clases de suelos que tiene el país, por los fenómenos naturales y la llegada de las épocas invernales. En este contexto, los investigadores llegan a la conclusión que resulta muy costoso la rehabilitación y recuperación de las vías terciarias, dado que generalmente toca desarrollar la rectificación del eje vial y la instalación y compactación de un material granular de afirmado, extraído de canteras cercanas al sitio afectado que se convierte en un problema ecológico para las zonas intervenidas. Por esta razón, es una tarea muy complicada para los entes territoriales que están a cargo de estas vías. La principal conclusión de la investigación es que deben aplicarse otras alternativas para el mantenimiento de esta red vial, ya que por falta de presupuesto, corrupción o incapacidad se pierde mucha inversión y no hay cambio en la situación de las vías (Chavarro & Molina, 2015).

Esta situación destaca la necesidad de implementar planes y políticas que permitan mejorar la infraestructura vial terciaria en Colombia. La mejora de la calidad de las vías y su pavimentación es esencial para garantizar la seguridad y eficiencia del transporte, y para reducir el impacto ambiental de la erosión y la contaminación del suelo. En el trabajo de investigación de Gustavo Ocampo y Alfonso Cepeda (2019), se busca la respuesta a cómo se garantiza la seguridad vial de los usuarios que usan las vías terciarias para suplir sus necesidades de transporte, ya sea para actividades comerciales, recreativas o para atender situaciones del desarrollo de comunal.

El documento brinda lineamientos de seguridad vial para el diseño de vías terciarias construidas con el sistema de placa-huella. Destaca aspectos relevantes y generales del diseño geométrico basado en la normatividad vigente, y llega a la conclusión que la seguridad vial sólo se garantiza si existe mayor compromiso del gobierno nacional con políticas eficaces y efectivas

y con mayor responsabilidad de las entidades municipales para emprender proyectos viales (Ocampo & Cepeda, 2019).

Como propuesta metodológica se presenta la investigación de Diana Navarrete y Camilo Duarte (2020) quienes presentan como objetivo plantear una propuesta técnica metodológica para el mejoramiento de la vía terciaria, localizada entre el barrio Villa Paúl y la vereda La Punta en el municipio de Funza, Cundinamarca. Valiéndose de evidencias fotográficas y un estudio de caso, se caracteriza la vía que se propone intervenir. Se genera un documento base que recopila los estudios para proponer la metodología técnica de mejora de la vía, destacando que en el momento el corredor vial presenta condiciones que dificultan la movilidad con seguridad, la comodidad de las personas para acceder al transporte público y las especificaciones que el INVIAS propone para las vías terciarias. La metodología usada es de tipo técnica – cualitativa recurriendo a información básica aportada por organismos estatales y datos propios del grupo de trabajo, junto con las etapas de desarrollo de INVIAS que se proponen para infraestructura nacional (INVIAS, 2015).

En esta misma línea, existe la experiencia de investigación de la Universidad de los Andes sobre vías terciarias, en la cual, las investigaciones realizadas tienen como tema la infraestructura vial. En la Universidad existe el grupo de geo materiales y sistemas de infraestructura (GeoSI) del departamento de ingeniería civil y ambiental, el cual, ha realizado proyectos de caracterización de materiales convencionales y no convencionales para vías terciarias. Uno de esos estudios se basa en el material de mapia de la mina Isaza para determinar su variabilidad y sus potenciales usos. La mapia es una mezcla asfáltica de arenas finas y asfalto natural que generalmente se usa vías con distintos niveles de tránsito. Esto se decide porque el

estado de la malla vial terciaria es deficiente por la inclemencia del clima y el tipo de vehículos que circulan es mayormente de carga (Caro & Caicedo, 2017).

Finamente, se cita el trabajo de Lorena Plata y Javier Mejía (2022) que tiene como objetivos diseñar un modelo gerencial para la estructuración del proyecto de la vía terciaria que conecta a la vereda la Sarahita con el municipio de Villanueva, Guajira, basado en las buenas prácticas del PMBOK®. La investigación buscó aportar a la mejora de movilidad de la población que transitaba por el corredor vial, teniendo en cuenta que la capacidad productiva del municipio pasa por contar con vías en buen estado. Esto destacando que la Guajira no puede tener retrasos en la producción, ni perder tiempo de viaje, dado que los costos de operación son bastante altos. Desde la perspectiva social, el mal estado de las vías afecta la calidad de vida de la población porque no hay seguridad ni confort en los desplazamientos. Cuando se presentan accidentes por daños en partes mecánicas de los vehículos, la oportunidad de conseguir los repuestos necesarios es muy baja, lo cual genera estancamiento e inseguridad en los usuarios (Plata & Mejía, 2022).

6 Metodología

Para el desarrollo del estudio académico sobre la señalización de placa huella en el corredor vial Subachoque - Guatavita - Zipaquirá se propone una metodología mixta que combine enfoques cualitativos y cuantitativos. Se parte, a manera de primera fase, de la revisión documental para recopilar la información sobre la señalización de placa huella en Colombia, del marco normativo correspondiente, que se consulta a través de manuales técnicos, estudios e investigaciones anteriores y experiencias internacionales que sirven de marco comparativo para entender el desarrollo profesional del tema. El análisis de la información se realiza desde las variables de identificar vacíos de conocimiento, formular preguntas de investigación ajustadas a los objetivos específicos que se quieren alcanzar, y definir el alcances del estudio. De igual

manera, existe una fase 2 que corresponde al trabajo de campo del investigador, en la cual se impone la observación directa de la señalización en el corredor vial para reconocer el estado de las señales, su ubicación y diseño para someterlas a una revisión de cumplimiento de la normativa relacionada con el tema.

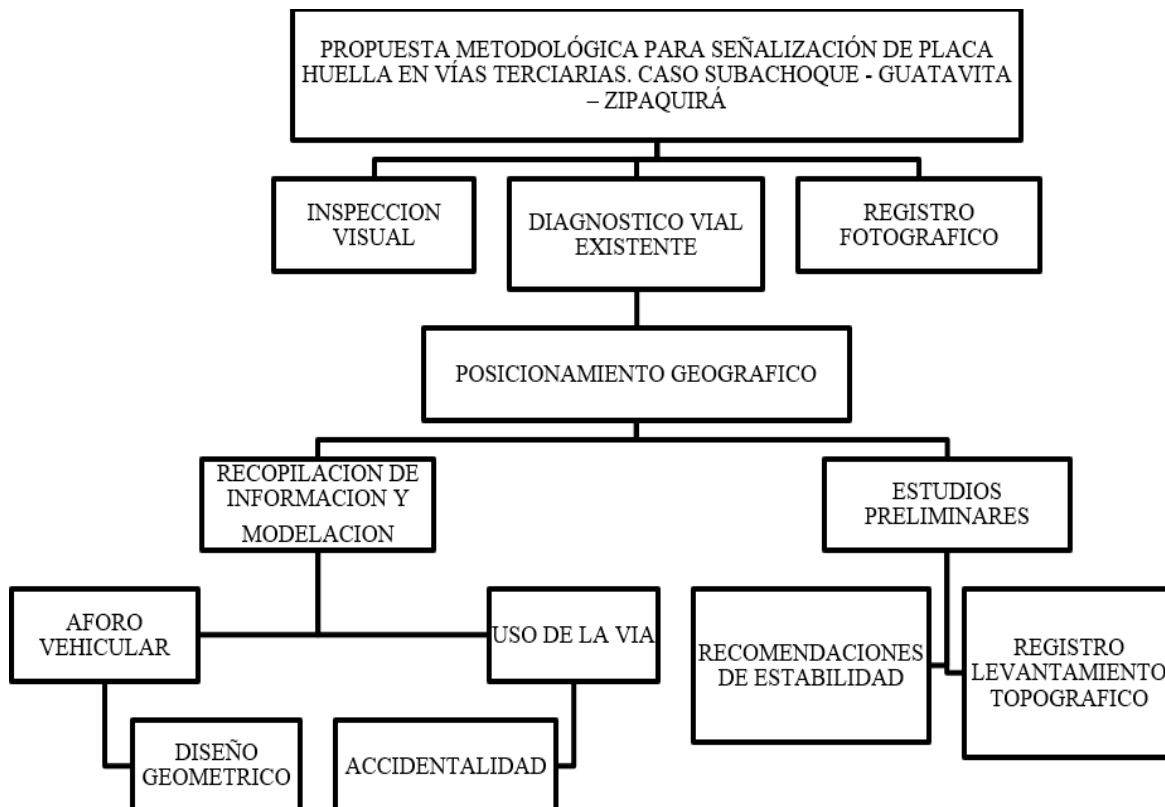
La herramienta metodológica que se aplica es una encuesta a usuarios de la vía para reconocer su percepción sobre la señalización, las necesidades y expectativas que exponen y el comportamiento vial que se manifiesta en la zona. De igual manera, el complemento es una entrevista a expertos en seguridad vial, para conocer sus opiniones sobre la señalización actual y con base en ello, pedir que expongan sus recomendaciones para mejorar la señalización. En la fase 3 de desarrollo investigativo, se presenta el análisis cuantitativo de datos para desarrollar de forma descriptiva la prueba a la hipótesis que se planteó para este análisis (análisis de regresión).

El análisis cualitativo de los datos de las entrevistas y la observación se hace con base en el contenido y en la teoría fundamentada, que es un método usado para generar teoría a partir de datos empíricos recolectados en el campo e identificar conceptos y categorías relacionados con la señalización de placa huella y explorar las relaciones entre estos conceptos y categorías dadas por la normativa. Es un método inductivo generado por los datos e iterativo porque el análisis se realiza de forma simultánea a la recolección de datos, lo que permite ajustar el proceso de investigación a medida que se avanza (Strauss & Corbin, 1990).

La fase 4, corresponde a la redacción del informe final con la presentación de los resultados del estudio, la descripción del estado actual de la señalización, la identificación de problemas y necesidades, la formulación de propuestas de mejora y la discusión de los resultados, resaltando implicaciones para la seguridad vial y aportes al conocimiento sobre la señalización de placa huella. Finalmente, se llega a conclusiones y recomendaciones que

contienen la orientaciones para la toma de decisiones, las líneas de investigación futura, la revisión bibliográfica, el análisis de encuestas, entrevista y la estadística de datos y herramientas.

Figura 10. Propuesta metodológica



Fuente. Elaboración propia desde teoría metodológica desarrollada para el desarrollo del estudio propuesto (2024)

7 Hallazgos estudio de caso

Para presentar los hallazgos, se desarrolla el contenido por cada uno de los objetivos planteados.

7.1 Objetivo 1

Determinar las características del flujo peatonal y vehicular de las vías rurales de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá, específicamente en construcciones de placa huellas.

7.1.1 Aforos vehiculares Zipaquirá

La toma de muestras para reconocer el aforo vehicular de la zona se hizo en día típico y en día atípico, entre el mes de junio y agosto del año 2023. Los resultados se usan para determinar la incidencia en el tránsito y para caracterizar la demanda de modos no motorizados (ciclistas) en este tipo de corredores viales, en un punto específico o sección de vía y en cada una de las direcciones identificadas según la norma RILSA. De acuerdo con el sentido del flujo, se identifican los sitios críticos de flujos motorizados y no motorizados en el corredor vial. En el ejercicio de campo los datos se obtuvieron por medio del cálculo de las variables: Factor Horario de Máxima Demanda FHMD; Volumen Horario de Máxima Demanda VHMD, y Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados FVP (Arias, 2023), basados en los fundamentos teóricos de la teoría del flujo vehicular, el análisis de la demanda de tráfico, la capacidad del tráfico, las características del tráfico y el modelado del tráfico.

Estos conceptos desempeñan un papel vital en la comprensión, la gestión y la optimización de los sistemas de transporte para la seguridad y la eficiencia de todos los usuarios de las carreteras. Dentro de los parámetros geométricos de referencia, de acuerdo al informe Diseño Geométrico para el Mejoramiento de Vías Terciarias mediante el uso de placa huella, en los municipios de Guatavita, Pacho, San Juan de Rioseco, Subachoque, Tena y Zipaquirá del departamento de Cundinamarca, en la vía se permite la circulación de camiones que transportan productos agrícolas, forestales, mineros o industriales que son extraídos o fabricados en la zona, por lo cual, para el análisis de campo se toma como vehículo de diseño el camión C-3, con una velocidad de 30 KM/h para el diseño de la vía.

Diagrama de un camión con especificaciones técnicas:

- Longitud total: 11.00
- Distancia entre ejes: 6.60
- Distancia desde el eje trasero hasta el extremo posterior de la caja: 3.20
- Distancia desde el eje delantero hasta el eje trasero: 6.55
- Distancia desde el eje trasero hasta el centro de la caja: 22.00
- Camión: C 3
- Ancho: 2.50
- Medidas en metros

Dentro del análisis hecho en campo se obtuvieron los siguientes resultados de Zipaquirá

7.1.2 Dia típico

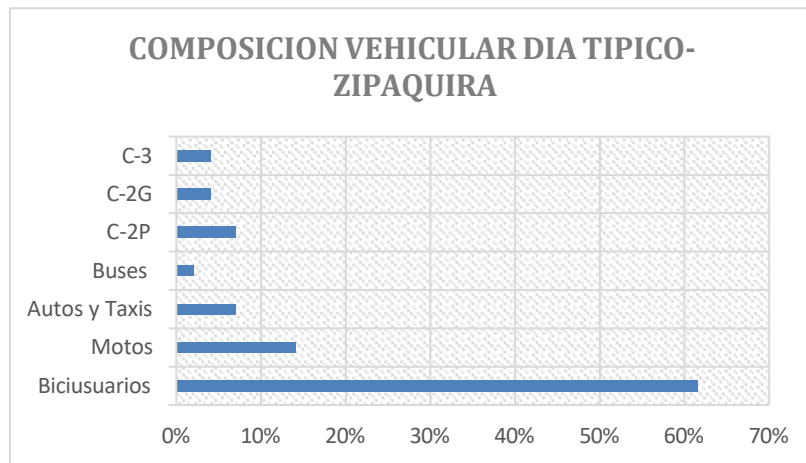
Fecha	27/06/2023
Condición climática	Normal
Hora de Inicio	6:00 a. m.
Hora de final	6:00 p. m.

Tabla 6. Composición vehicular determinada en campo

	Bicisuarios	Motos	Autos y Taxis	Buses	C-2P	C-2G	C-3	TOTAL
TPDs	61	14	7	2	7	4	4	99
Composición Vehicular	62%	14%	7%	2%	7%	4%	4%	100%

En la tabla 4 se refleja la composición vehicular en Zipaquirá en un día típico de acuerdo con los datos obtenidos en los aforos manuales que se realizaron en campo. Se promediaron los volúmenes máximos y mínimos por horario y por tipo de actor vial aforado. En la figura 12 se grafican los resultados.

Figura 12. Composición vehicular día típico – Zipaquirá



Nota: Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Zipaquirá Vía vereda el Empalizado y San Isidro

El resultado nos enseña que la composición vehicular en un día típico en Zipaquirá vía vereda el Empalizado y San Isidro incluye vehículos ligeros como rutas de turismo, motocicletas y camiones pequeños y medianos. Los vehículos ligeros suelen constituir la mayor parte del tráfico en la vía. De igual manera, existen vehículos pesados como autobuses, camiones y remolques. Los vehículos pesados generalmente representan un porcentaje menor del volumen de tráfico, pero tienen un impacto mayor en la capacidad de la carretera y el desgaste de la vía. En el nivel de vehículos especiales están los vehículos de emergencia, vehículos de construcción y otros vehículos especializados que no deben seguir las mismas reglas de tránsito que los vehículos regulares. Como la composición del tráfico puede variar dependiendo de varios factores como la hora del día. Durante las horas pico de desplazamientos, la proporción de vehículos pesados suele ser mayor, mientras que, durante las horas de menor actividad y los fines de semana, la proporción de vehículos livianos puede aumentar.

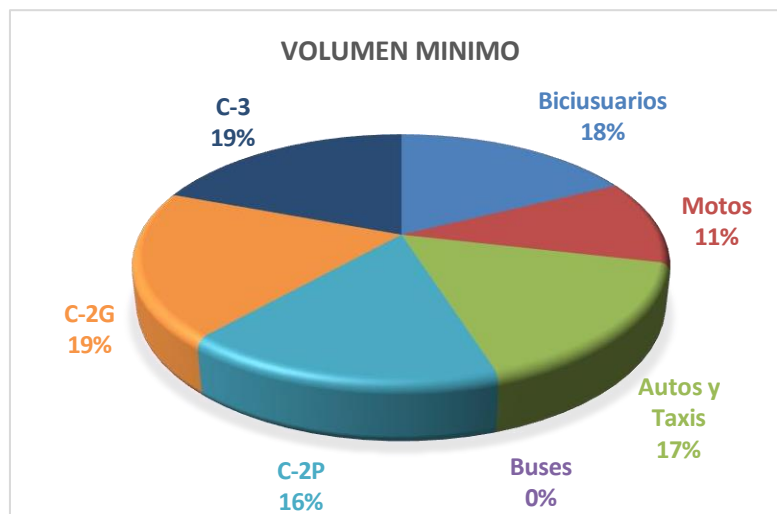
Figura 13. Volumen máximo de vehículos en un día típico



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Zipaquirá Vía vereda el Empalizado y San Isidro

En contraposición al concepto anterior, el volumen del día típico presenta los siguientes valores para la vía estudio de caso en el municipio de Zipaquirá:

Figura 14. Volumen mínimo de vehículos en un día típico



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Zipaquirá Vía vereda el Empalizado y San Isidro

7.1.3 Día Atípico

Tabla 7. Características y condiciones para medida

Fecha	1/07/2023
Condición climática	Normal
Hora de Inicio	6:00 a. m.
Hora de final	6:00 p. m.

Fuente. Creación propia a partir de teoría, objetivo específico y trabajo de campo

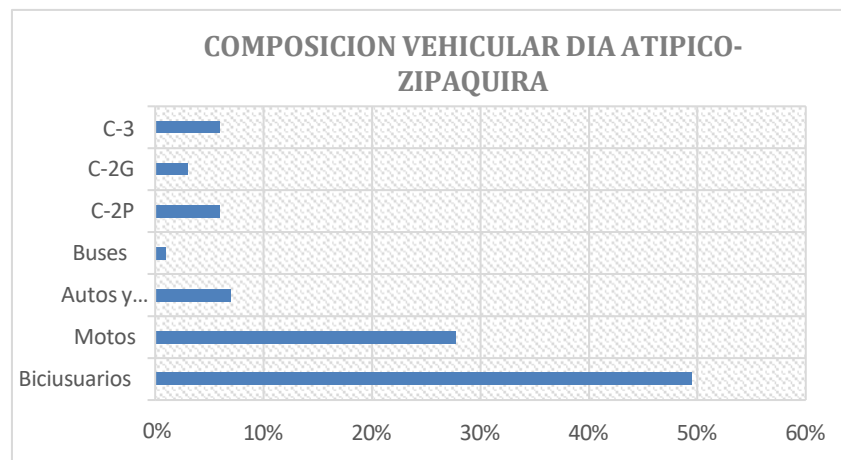
Tabla 8. Composición vehicular determinada en campo

	Biciusuarios	Motos	Autos y Taxis	Buses	C-2P	C-2G	C-3	TOTAL
TPDs	50	28	7	1	6	3	6	101
Composición Vehicular	50%	28%	7%	1%	6%	3%	6%	100%

Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Zipaquirá vía vereda el Empalizado y San Isidro

Dentro de los datos obtenidos se evidencia un aumento en los días atípicos de la composición vehicular, destacándose los biciusuarios con el 50% del total, mientras que los buses son los de menor porcentaje con el 0,5%.

Figura 15. Composición vehicular día atípico Zipaquirá



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Zipaquirá Vía vereda el Empalizado y San Isidro

Cuando se habilitan estos corredores viales son zonas de desplazamiento apetecidas por el turismo ambiental, ciclo montañistas y bici usuarios, lo que aumenta el aforo y la concurrencia, sin dejar de lado el tránsito común de vehículos tipo Tándem. En general, el resumen comparativo de datos obtenidos en campo se observa en la siguiente tabla 6:

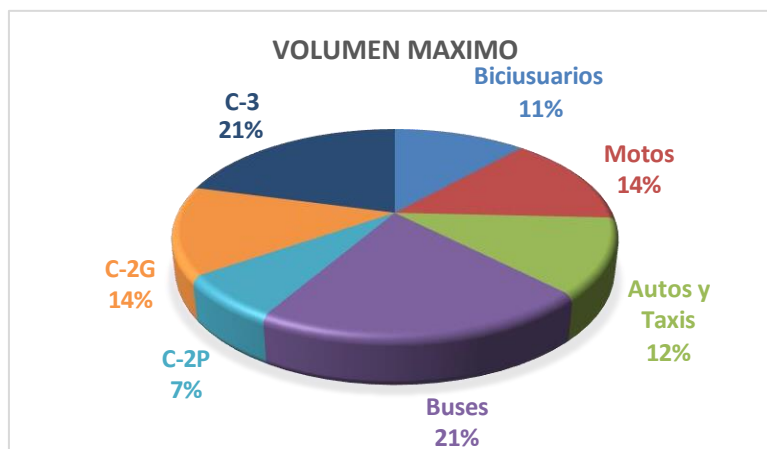
Tabla 9. Resumen comparativo de datos

	DIA TÍPICO	DIA ATÍPICO
TOTAL, VOL. MIXTOS	99	101
VHMD	24	21
FHMD	0,333	0,375
FVP	0,961670559	0,955109838

Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Zipaquirá Vía vereda el Empalizado y San Isidro

Para el caso de aforo de vehículos en la vía de Zipaquirá, vereda El Empalizado y San Isidro, en un día atípico, se observa que el porcentaje máximo lo tienen los buses con un 21%, mientras que los más bajos son los C-2P⁵ con un 7%.

Figura 16. Volumen máximo hallado en campo

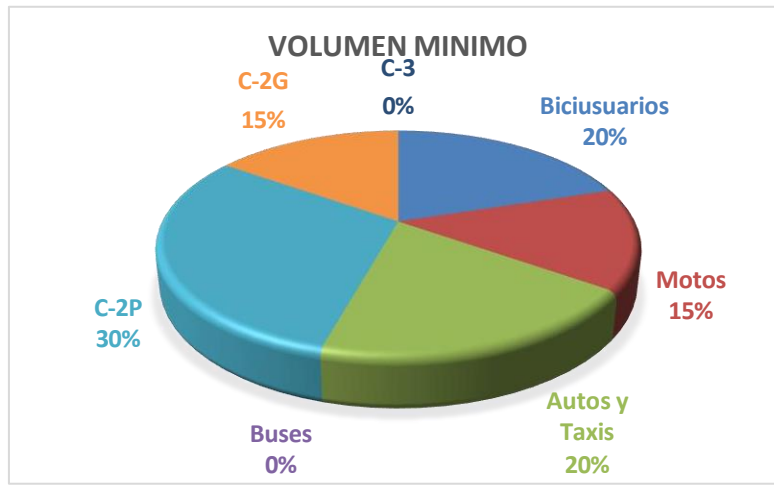


Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del aforo Zipaquirá Vía vereda el Empalizado y San Isidro

⁵ Camioneta - Pick Up 2 Pasajeros. Esta categoría forma parte del Manual de Clasificación Vehicular para el Aforo Vehicular en Colombia, establecido por el Instituto Nacional de Vías INVIAS (2015)

Se ponderan los volúmenes mínimos y máximos con el fin de calcular el FHMD, FVP

Figura 17. Ponderado para calcular FHMD y FVP



Fuente. Creación propia aplicabilidad de conceptos del aforo Zipaquirá Vía vereda el Empalizado y San Isidro

7.2 Aforos vehiculares Subachoque vía vereda Páramo y pantano Arce

La toma de muestras para reconocer el aforo vehicular de la zona se hizo, como se había anotado en día típico y en día atípico, entre el mes de junio y agosto del año 2023. Los resultados se identifican según la norma RILSA. Los datos se obtuvieron por medio del cálculo del Factor Horario de Máxima Demanda FHMD; Volumen Horario de Máxima Demanda VHMD, y Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados FVP (Arias, 2023). El análisis desarrollado indica la Composición Vehicular así:

7.2.1 Día Típico

Tabla 10. Características para medición Subachoque

Día típico	
Fecha	4/07/2023
Condición climática	Normal
Hora de Inicio	6:00 a. m.
Hora de final	6:00 p. m.

Fuente. Creación propia a partir de teoría, objetivo específico y trabajo de campo

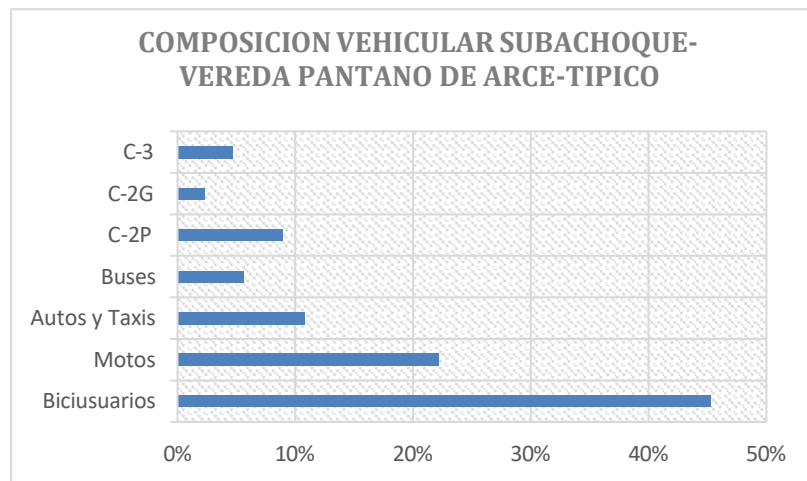
Tabla 11. Composición vehicular determinada en campo

	Biciusuarios	Motos	Autos y Taxis	Buses	C-2P	C-2G	C-3	TOTAL
TPDs	96	47	23	12	19	5	10	212
Composición Vehicular	45%	22%	11%	6%	9%	2%	5%	100%

Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Zipaquirá vía vereda el Empalizado y San Isidro

Se hace la discriminación en día típico con base en los datos obtenidos en campo por medio del aforo manual.

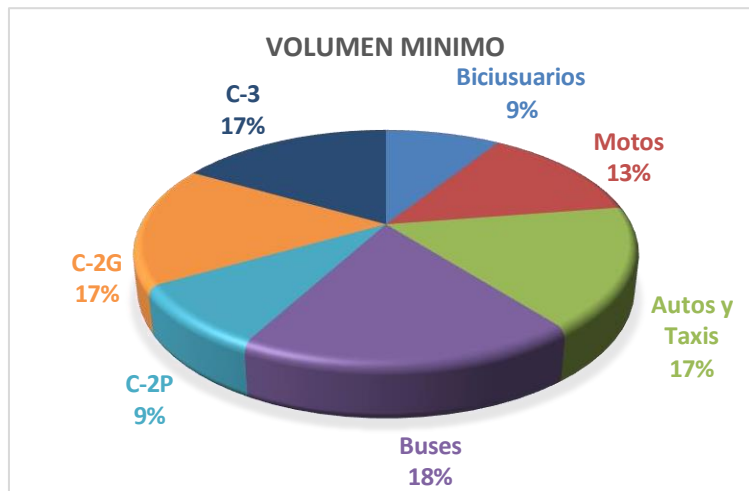
Figura 18. Composición vehicular Subachoque



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Subachoque vereda Pantano de Arce-Típico

La verificación de la composición vehicular enseña que existe un alto tráfico de biciusuarios (ciclo montañistas), porque el sitio referenciado es paso obligado para llegar a la vereda Pantano de Arce. Esta vereda tiene como característica particular que es un sitio concurrido por el turismo. Además, los campesinos sacan sus productos agrícolas para la venta, por lo cual, este corredor tiene un flujo vehicular constante a pesar de catalogarse como vía terciaria. Por esta razón, se diseñó con una sección transversal tipo 5 la tiene previsto el tráfico bidireccional de camiones, vehículos, y biciusuarios.

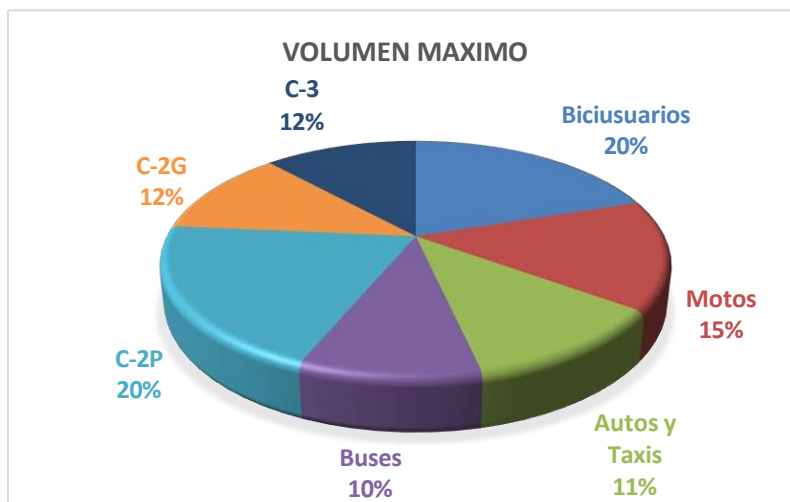
Figura 19. Volumen mínimo día típico Subachoque



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo en Subachoque vereda Pantano de Arce-Típico

De forma similar a lo que se hizo en Zipaquirá, se obtienen los cálculos de volumen mínimo y máximo con base en los datos obtenidos en campo en la observación en el corredor vial del municipio de Subachoque

Figura 20. Volumen máximo día típico Subachoque



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo en Subachoque vereda Pantano de Arce-Típico

7.2.2 Día Atípico

Figura 21. Características de medición

Día Atípico	
Fecha	8/07/2023
Condición climática	Normal
Hora de Inicio	6:00 a. m.
Hora de final	6:00 p. m.

Fuente. Creación propia a partir de teoría, objetivo específico y trabajo de campo

Se recolectan los datos correspondientes el sábado 8 de julio durante un tiempo establecido de 12 horas. Los datos de composición vehicular son:

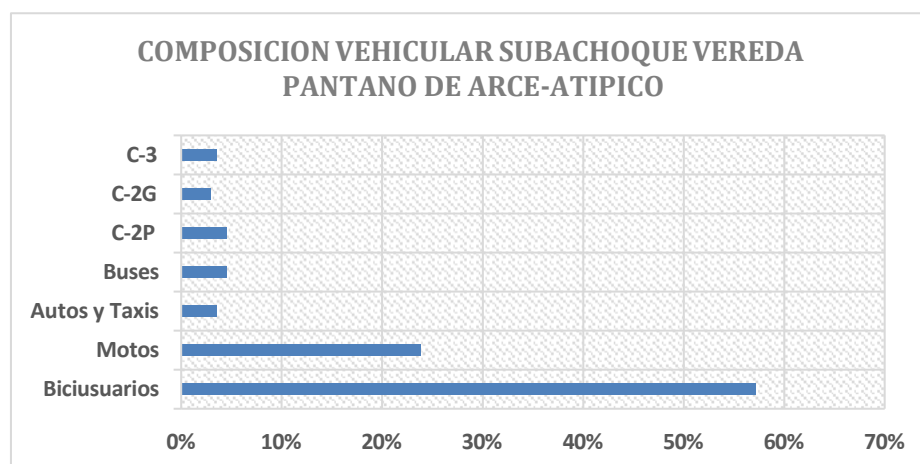
Tabla 12. Composición vehicular determinada en campo

	Biciusuarios	Motos	Autos y Taxis	Buses	C-2P	C-2G	C-3	TOTAL
TPDs	115	48	7	9	9	6	7	201
Composición Vehicular	57%	24%	3%	4%	4%	3%	3%	100%

Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Subachoque vereda Pantano de Arce-Típico

Se hace la discriminación en día atípico con base en los datos obtenidos en campo por medio del aforo manual

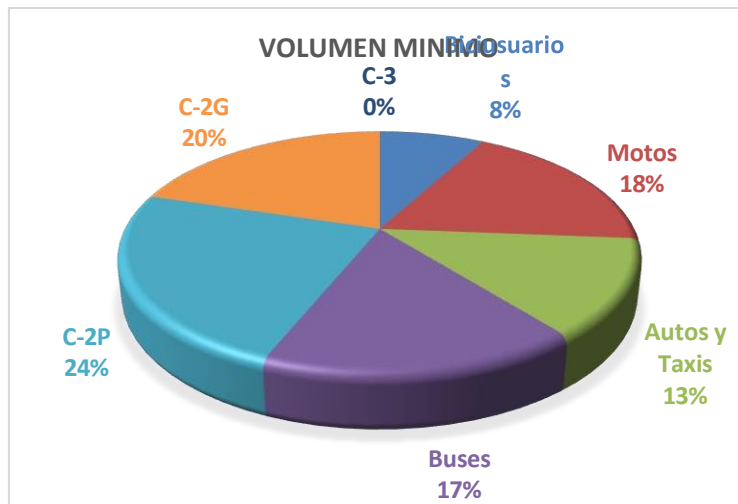
Figura 22. Composición vehicular Subachoque



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Subachoque vereda Pantano de Arce-Típico

Para el día atípico, se obtienen los cálculos de volumen mínimo y máximo con base en los datos obtenidos en campo en la observación en el corredor vial del municipio de Subachoque vereda Pantano de Arce-Típico

Figura 23. Volumen mínimo día atípico

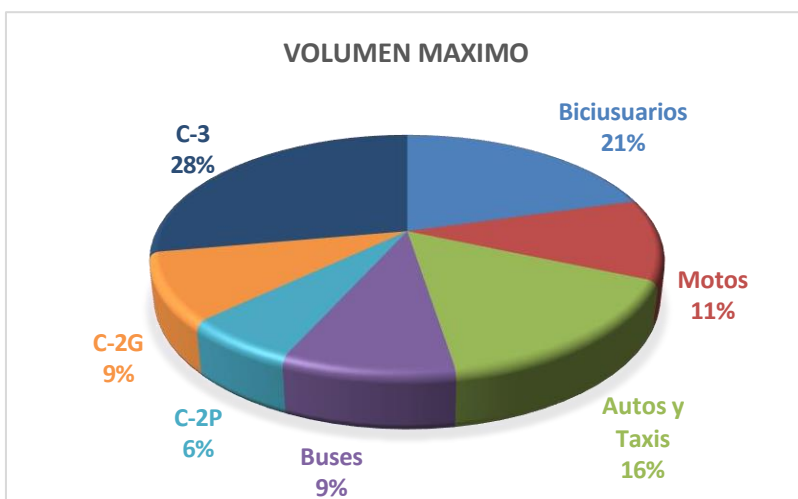


Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Subachoque vereda Pantano de Arce-Típico

El volumen máximo se relaciona en la siguiente figura 24, mostrando que el código C-3⁶ ocupa el mayor valor con un 28% frente al 21% que son los biciusuarios, el 16% de autos y taxis, el 11% de motos, el 9% de buses, el 9% de C-2G y el 6% de C-2P.

⁶ El código C-3 pertenece a la categoría "Camioneta - Pick Up 3 a 7 Pasajeros (Ministerio de Transporte, 2023)

Figura 24. Volumen máximo día atípico



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Subachoque vereda Pantano de Arce-Típico

El resumen de cálculos de los resultados obtenidos es el siguiente:

Tabla 13. Resumen comparativo de mediciones

	DIA TÍPICO	DIA ATÍPICO
TOTAL, VOL. MIXTOS	212	201
VHMD	63	64
FHMD	0,404	0,308
FVP	0,969011295	0,960374128

Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Subachoque vereda Pantano de Arce-Típico

En conclusión, con base en los datos obtenidos para el aforo vehicular, se puede establecer que:

1. Volumen de Tráfico:

- Día típico: El volumen total de vehículos mixtos en un día típico es de 212 unidades.
- Día atípico: El volumen total de vehículos mixtos en un día atípico es de 201 unidades.

2. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD):

- Día típico: El VHMD en un día típico es de 63 vehículos.

- Día atípico: El VHMD en un día atípico es de 64 vehículos.

3. Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD):

- Día típico: El FHMD en un día típico es de 0.404.
- Día atípico: El FHMD en un día atípico es de 0.308.

4. Factor de Ajuste por Efecto de Vehículos Pesados (FVP):

- Día típico: El FVP en un día típico es de 0.969011295.
- Día atípico: El FVP en un día atípico es de 0.960374128.

El volumen total de vehículos mixtos es ligeramente menor en un día atípico (201 unidades) en comparación con un día típico (212 unidades). Sin embargo, esta diferencia es mínima (alrededor del 5%) y podría deberse a la variabilidad natural del tráfico. El VHMD es ligeramente mayor en un día atípico (64 unidades) en comparación con un día típico (63 unidades). Esta diferencia también es mínima (alrededor del 2%) y podría deberse a factores específicos del día atípico, como eventos especiales o condiciones climáticas. El FHMD es notablemente menor en un día atípico (0.308) en comparación con un día típico (0.404). Esto indica que la concentración de tráfico en la hora pico es menor en un día atípico, lo que podría deberse a una distribución más uniforme del tráfico a lo largo del día. El FVP es ligeramente menor en un día atípico (0.960374128) en comparación con un día típico (0.969011295). Esta diferencia es mínima (alrededor del 0.9%) y podría deberse a variaciones en la proporción de vehículos pesados en el tráfico regular.

7.3 Aforo vehicular Guatavita Vereda la Carbonera

La toma de muestras para reconocer el aforo vehicular de la zona se hizo de forma similar a las anteriores reseñadas. En día típico y en día atípico, entre el mes de junio y agosto del año 2023. Los resultados se identifican según la norma RILSA. Los datos se obtuvieron por medio

del cálculo del Factor Horario de Máxima Demanda FHMD; Volumen Horario de Máxima Demanda VHMD, y Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados FVP (Arias, 2023)

Tabla 14. Características para medición

Día típico	
Fecha	27/08/2023
Condición climática	Normal
Hora de Inicio	6:00 a. m.
Hora de final	6:00 p. m.

Fuente. Creación propia a partir de teoría, objetivo específico y trabajo de campo

Se tomaron datos el viernes 27 de agosto del 2023 día típico durante un periodo de 12 horas en la vía que conduce de Guatavita a la Vereda la Carbonera

Tabla 15. Composición vehicular determinada en campo

	Biciusuarios	Motos	Autos y Taxis	Buses	C-2P	C-2G	C-3	TOTAL
TPDs	66	17	9	2	32	5	7	138
Composición Vehicular	48%	12%	7%	1%	23%	4%	5%	100%

Nota: Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Guatavita vereda La carbonera

7.3.1 Día típico

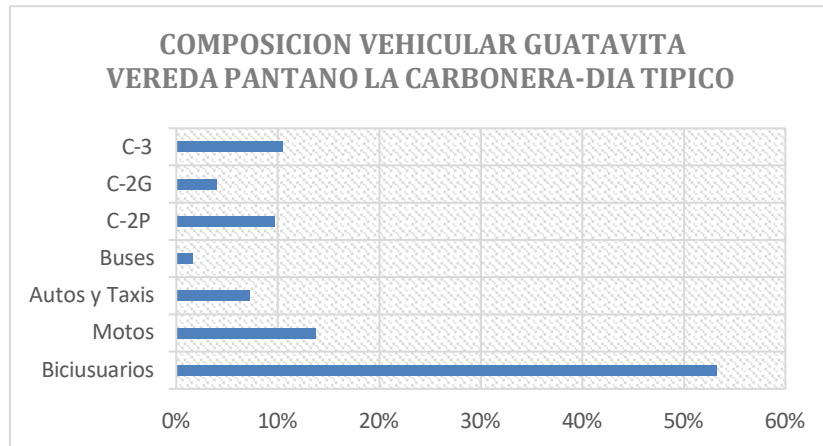
Se determina la composición vehicular para lo que corresponde al tramo de verificación con el respectivo al análisis

Tabla 16. Resumen comparativo de medición

	DIA TÍPICO	DIA ATÍPICO
TOTAL, VOL. MIXTOS	124	125
VHMD	25	30
FHMD	0,347	0,395
FVP	0,963227378	0,97896704

Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Guatavita vereda La carbonera

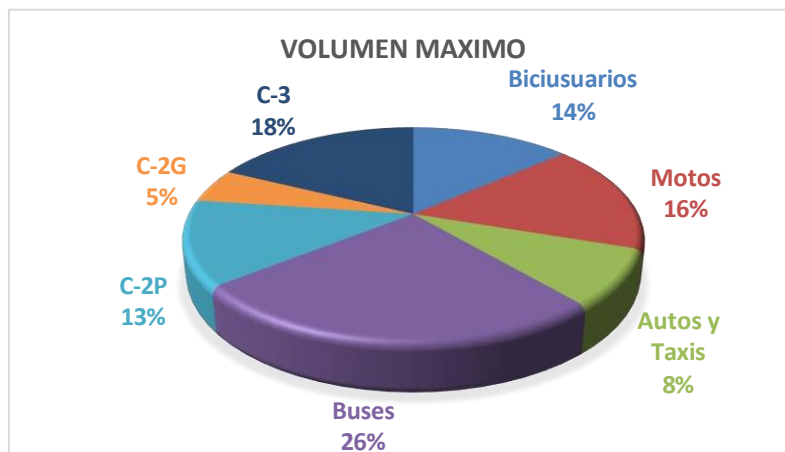
Figura 25. Composición vehicular Guatavita



Fuente. Creación propia aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Guatavita vereda La carbonera

En el corredor vial y los dos tramos intervenidos, en la vereda la Carbonera en Guatavita, se referencian los datos obtenidos sobre el flujo vehicular que transita. En su caracterización, se encuentra que su economía agrícola se basa en la producción de papa y leche, lo cual funciona mediante el cooperativismo. Por esta razón, este corredor vial es transitado por vehículos tipo tándem provenientes de la planta de Colanta, razón por la cual, en el segundo tramo se amplió la sección transversal con una tipología 5.

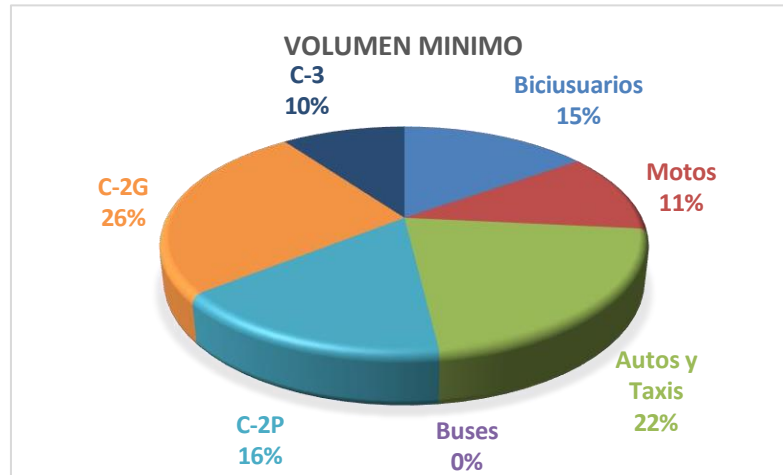
Figura 26. Volumen máximo día típico



Fuente. Creación propia a partir de conceptos del análisis de campo de Guatavita vereda La carbonera

De igual manera, como se ha venido procediendo, se calculan los valores máximos y mínimos con el fin de obtener el FHMD y FVP

Figura 27. Volumen mínimo día típico



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Guatavita vereda La carbonera

7.3.2 Dia Atípico

Tabla 17. Características para medición

Dia Atípico	
Fecha	28/08/2023
Condición climática	Normal
Hora de Inicio	6:00 a. m.
Hora de final	6:00 p. m.

Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Guatavita vereda La carbonera

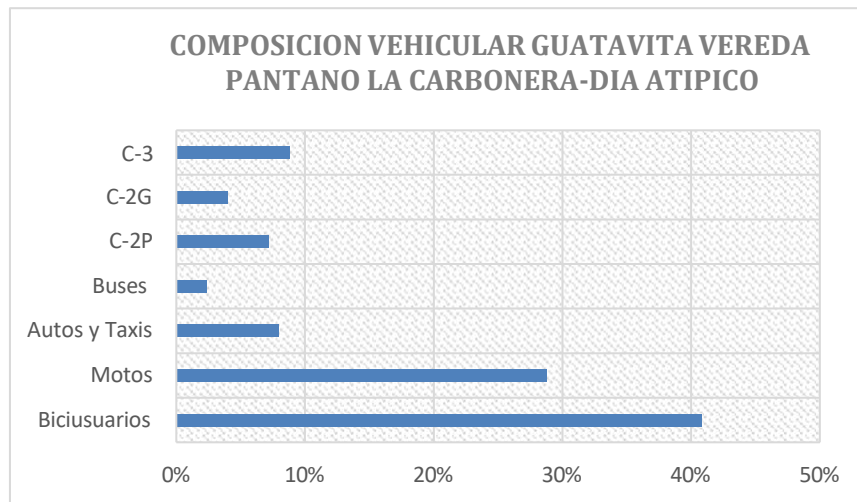
En el día atípico la muestra se tomó el sábado 28 de agosto del 2023, con el fin de caracterizar la composición del flujo vehicular

Tabla 18. composición de flujo vehicular Guatavita

	Biciusuarios	Motos	Autos y Taxis	Buses	C-2P	C-2G	C-3	TOTAL
TPDs	51	36	10	3	9	5	11	125
Composición Vehicular	41%	29%	8%	2%	7%	4%	9%	100%

Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Guatavita vereda La carbonera

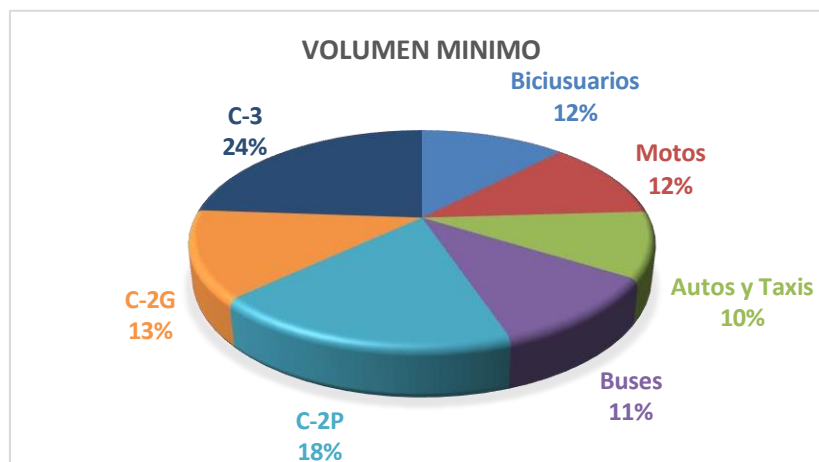
Figura 28. Composición vehicular Guatavita



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Guatavita vereda La carbonera

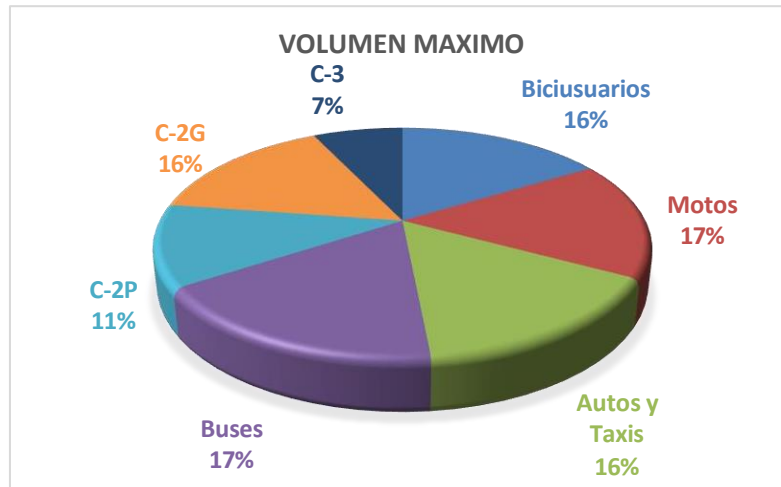
Dentro del análisis de la muestra tomada el sábado 28 de agosto del 2023, se evidenció una constante en el tránsito de biciusuarios con la particularidad que es un sector apetecido por el ecoturismo. Los tramos intervenidos se encuentran entre la escuela de Carbonera Baja y el sector de la T de Carbonera alta, es una vía terciaria de carácter municipal que permite acceso de automóviles, motocicletas y vehículos de tracción animal que benefician el transporte de la producción de la vereda.

Figura 29. Volumen mínimo día atípico



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Guatavita vereda La carbonera

Figura 30. Volumen máximo día atípico



Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Guatavita vereda La carbonera

Se realizan los cálculos con respecto a los volúmenes máximos y mínimos con el fin de obtener el FHMD y el FVP. Los datos obtenidos en campo del día Típico y Atípico

Tabla 19. Resumen comparativo de medición

	DIA TÍPICO	DIA ATÍPICO
TOTAL, VOL. MIXTOS	124	125
VHMD	25	30
FHMD	0,347	0,395
FVP	0,963227378	0,97896704

Fuente. Creación propia a partir de la aplicabilidad de conceptos del análisis de campo de Guatavita vereda La carbonera

Basándose en los datos de aforo vehicular, se puede concluir que, en Guatavita, vereda La Carbonera, el volumen de tráfico es el siguiente:

- Día típico: El volumen total de vehículos mixtos en un día típico es de 124 unidades.
- Día atípico: El volumen total de vehículos mixtos en un día atípico es de 125 unidades.

2. El Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD):

- Día típico: El VHMD en un día típico es de 25 vehículos.
- Día atípico: El VHMD en un día atípico es de 30 vehículos.

3. Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD):

- Día típico: El FHMD en un día típico es de 0.347.
- Día atípico: El FHMD en un día atípico es de 0.395.

4. Factor de Ajuste por Efecto de Vehículos Pesados (FVP):

- Día típico: El FVP en un día típico es de 0.963227378.
- Día atípico: El FVP en un día atípico es de 0.97896704.

El volumen total de vehículos mixtos es ligeramente mayor en un día atípico (125 unidades) en comparación con un día típico (124 unidades). Sin embargo, esta diferencia es mínima (alrededor del 1%) y podría deberse a la variabilidad natural del tráfico. El VHMD es mayor en un día atípico (30 unidades) en comparación con un día típico (25 unidades). Esto indica que la concentración de tráfico en la hora pico es mayor en un día atípico, lo que podría deberse a factores específicos como eventos especiales o condiciones climáticas. El FHMD es ligeramente mayor en un día atípico (0.395) en comparación con un día típico (0.347). Lo que indica que la distribución del tráfico a lo largo del día es un poco más concentrada en la hora pico durante un día atípico. El FVP es ligeramente mayor en un día atípico (0.97896704) en comparación con un día típico (0.963227378). Esta diferencia es mínima (alrededor del 1.6%) y podría deberse a variaciones en la proporción de vehículos pesados en el tráfico.

7.4 Objetivo 2

Identificar las características funcionales de la normatividad actual del Manual de Señalización Colombiano y otras metodologías usadas, que sirvan como base para la señalización de vías terciarias en placa huellas. Para identificar las características funcionales de

la normatividad actual del Manual de Señalización Colombiano y otras metodologías usadas, que sirvan como base para la señalización de vías terciarias en placa huellas, se toma el manual elaborado por el Instituto Nacional de Vías (INV), el cual, establece las normas y criterios para la instalación y uso de dispositivos de señalización vial en todo el territorio nacional. Este manual es la base fundamental para la señalización de vías terciarias en placa huella, incluyendo:

- Clasificación de vías: El manual clasifica las vías en diferentes categorías según su jerarquía, características y función en la red vial. Las vías terciarias en placa huella se consideran vías locales, de acceso a predios o de servicio rural.
- Tipos de señales: El manual define los diferentes tipos de señales viales, incluyendo señales de advertencia, información, reglamentación y prohibición. Para vías terciarias en placa huella, se utilizan principalmente señales de advertencia e información.
- Ubicación y colocación de señales: El manual establece las normas para la ubicación y colocación de las señales en la vía, considerando factores como la visibilidad, la distancia de anticipación y la altura de instalación.
- Características físicas de las señales: El manual define las características físicas de las señales, incluyendo el tamaño, la forma, el color, la simbología y los materiales de fabricación. Para vías terciarias en placa huella, se recomiendan señales de tamaño adecuado, colores vivos y materiales resistentes a las condiciones climáticas (Ministerio de Transporte, 2015).

En metodologías complementarias, están los lineamientos de seguridad vial para vías terciarias en placa huella. Estos lineamientos, elaborados por la Universidad Nacional de Colombia, proporcionan recomendaciones específicas para la señalización de este tipo de vías, considerando aspectos como la geometría vial, la presencia de peatones y ciclistas y las

condiciones climáticas (Cepeda, 2019). De igual manera, están las guías de diseño para señalización vial, emitidas por diferentes entidades y organizaciones internacionales, como la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) y el Banco Mundial, que han publicado guías de diseño para señalización vial que pueden adaptarse al contexto de las vías terciarias en placa huella en Colombia.

La guía de la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) fue titulada "Manual de Señalización Vial de la FIA". Esta guía, elaborada por expertos en seguridad vial, que ofrecen recomendaciones y criterios para la instalación y uso de dispositivos de señalización vial en todo el mundo. Sus objetivos se resumen en:

- Homogeneizar la señalización vial a nivel internacional por medio de un lenguaje común para la señalización vial, reduciendo la confusión entre conductores de diferentes países y culturas.
- Mejorar la seguridad vial por medio de recomendaciones para la instalación y uso de señales que contribuyan a reducir el número de accidentes de tránsito y salvar vidas.
- Facilitar la circulación vial. Que sea clara, concisa y fácil de entender para todos los usuarios de la vía, incluyendo conductores, ciclistas y peatones (FIA, 2011).

El manual FIA abarca una amplia gama de temas relacionados como la clasificación de vías por categorías según su jerarquía, características y función en la red vial. De igual manera, habla de los tipos de señales viales, incluyendo señales de advertencia, información, reglamentación y prohibición. Ofrece recomendaciones sobre el diseño de las señales, incluyendo el tamaño, la forma, el color, la simbología y los materiales de fabricación, así como de las normas para la ubicación y colocación de las señales en la vía, considerando factores como la visibilidad, la distancia de anticipación y la altura de instalación. El manual también

proporciona recomendaciones para el mantenimiento de las señales, asegurando que se encuentren en buen estado y sean visibles en todo momento. En Colombia, el Manual de Señalización Vial de la FIA se usa como referencia para complementar el Manual de Señalización Vial de Colombia (INV, 2022). En la señalización de vías terciarias en placa huella, hasta ahora no se ha adaptado al contexto local y a las características específicas de este tipo de vías.

Por su parte, el Banco Mundial, a través de la iniciativa de Transporte y Desarrollo Urbano, ha publicado diferentes guías de diseño para la señalización vial que son reconocidas a nivel internacional por su calidad y enfoque en la seguridad. Estas guías ofrecen recomendaciones y criterios para la instalación y uso de dispositivos de señalización vial en diferentes contextos, incluyendo vías urbanas, rurales y autopistas. Dentro de las guías de Señalización vial están el Manual de Señalización Vial para Carreteras de Alta Velocidad, que se enfoca en autopistas y ofrece recomendaciones para la instalación y uso de señales que garanticen la seguridad de los conductores a velocidades elevadas. El Manual de Señalización Vial para Calles Urbanas, considera las necesidades específicas de los peatones, ciclistas y conductores en entornos urbanos; la guía para la Señalización Vial en Zonas Rurales se dedica a las características y desafíos de la circulación en este tipo de entornos (Fondo Mundial para la Seguridad Vial, 2021).

El Manual de Diseño para Señales de Información Vial, se centra en el diseño de señales de información vial, proporcionando recomendaciones para la simbología, el uso de colores, la tipografía y la ubicación de las señales. Por su parte, el Manual de Diseño para Señales de Advertencia Vial, proporciona recomendaciones para la simbología, el uso de colores y la ubicación de las señales para alertar a los conductores sobre peligros potenciales. En general, las

Guías de Señalización Vial del Banco Mundial, se caracterizan por que priorizan la seguridad como objetivo principal, suministrando recomendaciones que buscan reducir el número de accidentes de tránsito y salvar vidas. Son adaptables a diferentes contextos, considerando las características específicas de vías urbanas, rurales y autopistas, basándose en evidencia científica y estudios de seguridad vial, que impulsan su efectividad y aplicabilidad (Fondo Mundial para la Seguridad Vial, 2021).

Se puede decir que, todas las guías del Banco Mundial reflexionan las necesidades de usuarios vulnerables como peatones, ciclistas y motociclistas, promoviendo una señalización inclusiva y segura para todos y se usan como una referencia para complementar el Manual de Señalización Vial de Colombia (INV, 2022) en la señalización de vías terciarias en placa huella y se pueden adaptar al contexto local y a las características específicas de cada tipo de vías.

Es fundamental, que las señales sean visibles en todo momento, incluso en condiciones de poca luz o lluvia. Se recomienda utilizar señales con materiales retroreflectantes y colores vivos. En general, las señales deben ser claras, concisas y fáciles de entender para todos los usuarios de la vía, incluyendo conductores, ciclistas y peatones. Se deben inspeccionar y mantener periódicamente para asegurar que se encuentren en buen estado y sean visibles. Una de las mejores medidas, es involucrar a la comunidad en el proceso de señalización de las vías terciarias en placa huella. Esto permite identificar las necesidades específicas de la comunidad y garantizar que la señalización sea adecuada para el contexto local. En conclusión, la señalización de vías terciarias en placa huella en Colombia debe basarse en el Manual de Señalización Vial de Colombia y considerar metodologías complementarias y recomendaciones específicas.

7.5 Objetivo 3

Identificar sitios de mayor concentración de accidentes de tránsito y el tipo de accidente que más se presenta en las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá

7.5.1 Siniestralidad registrada

Para determinar la siniestralidad presentada en las zonas regionales elegidas para el estudio y la intervención, se recopiló la información básica existente sobre accidentes de tránsito que se han presentado y que hacen parte de la información del Observatorio Nacional de Seguridad Vial- ONSV y las secretarías de infraestructura de los municipios, que la archivan en sus bases de datos, junto con la opinión de las personas que fueron encuestadas. El período caracterizado corresponde a los años 2020, 2021 y 2022, por ser estos datos los últimos que contienen los archivos correspondientes, siendo posible su categorización por gravedad y clase de accidente. Los datos estadísticos aportaron la cantidad de accidentes, muertos, y heridos durante el periodo de análisis. Para el presente estudio es importante, tener la caracterización de los tramos intervenidos, dado que presentan variaciones en su geometría, ya que algunos sitios superan pendientes del 8%. Sus radios de curvatura no están espiralizados, sus anchos de calzada se limitan a las condiciones del terreno (INVIAS, 2008), generando que los mismos presenten limitaciones en el tránsito mixto de peatones, bici usuarios, camiones tipo Tándem, vehículos y semovientes, entre otros. Es relevante tener de presente la caracterización de la geometría del terreno porque impacta la vía intervenida y sus limitaciones.

En la consulta, las entidades territoriales (municipios y departamentos) que son las encargadas de llevar el registro de accidentalidad y/o siniestralidad, entregaron su información, que, a su vez, condujo a la necesidad de buscar información en el Observatorio Nacional de Seguridad Vial- ONSV, que mediante oficio 20235000070071, del 5 de diciembre del 2023,

allegó los resultados base de siniestralidad en los tramos solicitados. Esto teniendo en cuenta que es la entidad encargada de recopilar, procesar, analizar e interpretar la información sobre el tema de la seguridad vial en Colombia. En los datos proporcionados se aclara que la fuente principal del observatorio es el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF), por lo cual, en procedimiento interno se clasifican las vías para categorizar la ubicación de los incidentes de tránsito según el tipo de red vial: primaria, secundaria y terciaria. En los informes policiales sobre accidentes de tránsito no se especifica si las vías terciarias cuentan con placa huellas. La relación documental de consulta para esta investigación se especifica en la siguiente tabla 18:

Tabla 20. Relación documental de consulta

Relación Documental				
ENTIDAD	RADICADO	ASUNTO	FECHA	ANEXOS
INVIAS	2023E-VUVR-024703	Derecho de petición	2023-11-02	ANEXO 1
INVIAS	2023S-VBOG-024467	Respuesta PQRSD radicado No. 2023E-VUVR-029163	2023-11-29	ANEXO 2
MINISTERIO DE TRANSPORTE	20233000064531	Traslado radicado ANSV No. 20236900039292	2023-11-14	ANEXO 3
MINISTERIO DE TRANSPORTE	20233031239591	Alcance documento Traslado Radicado N. 20233031750532 del 02 de noviembre de 2023.	2023-11-09	ANEXO 4
Director (E) Observatorio Nacional de Seguridad Vial	20235000070071	Respuesta al radicado ANSV 20236900041022 con fecha 27 de noviembre de 2023 (Traslado parcial por competencia radicado MINISTERIO DE TRANSPORTE No.: 20234201305641).	2023-12-05	ANEXO 5

Fuente. Por solicitud, mediante derecho de petición a las entidades encargadas de los datos, se obtuvieron los documentos relacionados a manera de fuentes

El ponderado de documentos recibidos para sustentar el estudio se relaciona en la tabla 19 que se presenta a continuación.

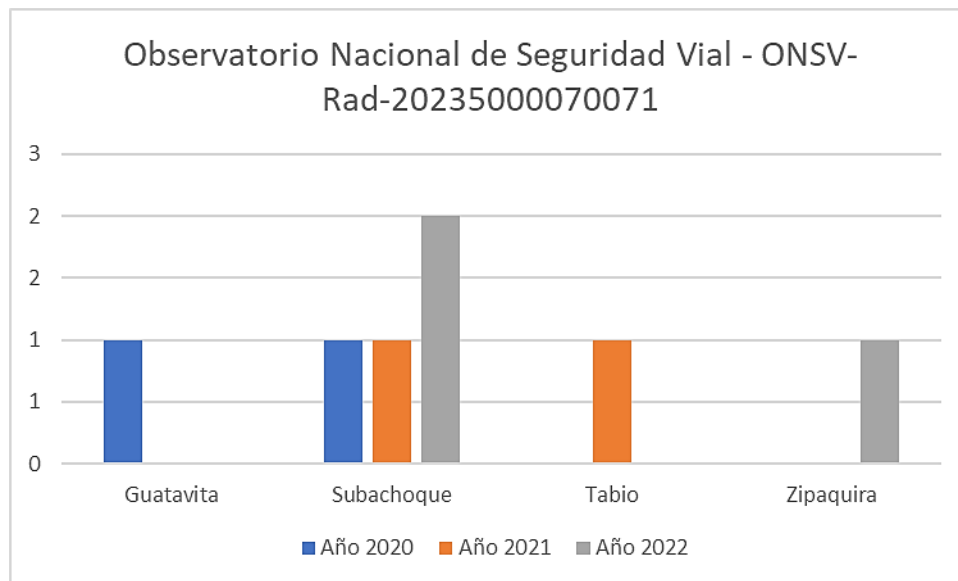
Tabla 21. Ponderado documentos de cada municipio

Municipio	Año 2020	Año 2021	Año 2022
Guatavita	1		
Subachoque	1	1	2
Tabio		1	
Zipaquirá			1

Fuente. Relación propia con base en los documentos recolectados y la información aportada por cada uno sobre los municipios de estudio de caso

De forma gráfica, la relación se presenta como evidencia de análisis desarrollado y las fuentes usadas para dar valor académico al estudio

Figura 31. Documentos de acceso por municipio



Fuente. Relación propia con base en los documentos recolectados y la información aportada por cada uno sobre los municipios de estudio de caso

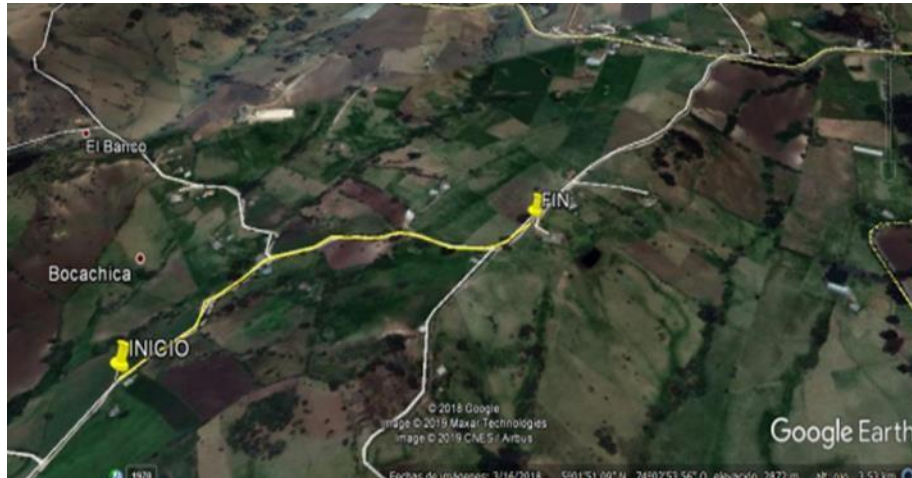
En datos allegados por las secretarías de gobierno e infraestructura de los Municipios de Subachoque, Zipaquirá y Guatavita se observan los siguientes resultados:

7.5.2 Siniestralidad en Zipaquirá Vía vereda el Empalizado y San Isidro

Para trabajo de campo de este proyecto, se priorizó la vía “El Empalizado”, la cual se encuentra ubicada a aproximadamente 550 m de la vía principal que conduce de Zipaquirá a Pacho, y a 7.6 km del casco urbano del municipio (imagen 2). El tramo total es de 651.39 m,

pendiente longitudinal promedio del 10.73%, y un ancho promedio de 5.20 m (Ministerio de Transporte, 2023).

Figura 32. Ubicación tramo intervenido



Fuente. Evidencia tomada de Google Earth para claridad de la información aportada

La ubicación del tramo estudiado corresponde a un terreno ondulado con alturas que en un momento determinado pueden causar riesgo potenciales por el derrumbe físico de trozos de terreno cuando llueve. La vulnerabilidad del terreno sólo se corrige si hay adaptación a proyectos como la placa huella, porque los cambios de clima erosionan el entorno que llevan a los eventos amenazantes. Además, el flujo vehicular y de personas es otro factor a tener en cuenta ya que los recursos económicos del municipio no permiten intervenciones de gran envergadura, aunque la toma de decisiones en cuanto a políticas y medidas esté presente. Zipaquirá y sus veredas tienen memoria de áreas afectadas por inundación rural por su ubicación topográfica cercana a ríos, quebradas, arroyos y asentamientos de personas junto a estas (Alcaldía Municipal, 2023). Zipaquirá, ha tenido durante años memoria de áreas afectadas por problemas de amenaza por inundación rural tanto urbanas como en áreas urbanas debido a su ubicación y topografía de cercanía a ríos, quebradas, arroyos y la proliferación de asentamientos en laderas.

Tabla 22. Ubicación tramo estudiado veredas El empalizado y San Isidro

VÍA VEREDAS EL EMPALIZADO Y SAN ISIDRO	Inicio tramo	K0+668,12	Fin tramo	K0+016,73	Longitud 651.39 m
	Norte	1048149,307	Norte	1048147,935	
	Este	1003001,067	Este	1003564,066	

Fuente. Relación propia con base en los documentos recolectados y la información aportada por cada uno sobre los municipios de estudio de caso

La importancia de la placa huella en estos terrenos ondulados, con riesgo de derrumbes durante la temporada de lluvias, está en que se convierte en una solución crucial para garantizar la seguridad y la transitabilidad de la vía porque actúa como una capa protectora que distribuye el peso del tráfico de manera uniforme sobre el terreno, reduciendo la presión en puntos específicos y previniendo el hundimiento o derrumbe del suelo (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2020). La superficie plana y resistente de la placa huella evita la erosión causada por el agua de lluvia, lo que contribuye a la estabilidad general del talud. De igual manera, su textura rugosa proporciona una mayor adherencia entre los neumáticos de los vehículos y la superficie de la vía, incluso en condiciones de lluvia o barro. Esto reduce el riesgo de accidentes por deslizamientos, especialmente en pendientes pronunciadas o curvas cerradas (Carvajal, 2019).

En el contexto del presente estudio, la construcción de la placa huella es un proceso relativamente sencillo y económico para las vías terciarias, pero la señalización se convierte en un complemento de la solución para que sea totalmente viable para comunidades con recursos limitados. Además, su mantenimiento también es relativamente simple y puede ser realizado por personal local con capacitación básica. Como se dijo anteriormente, la placa huella está fabricada con materiales resistentes como el concreto o el hormigón armado, lo que le confiere una gran durabilidad y capacidad para soportar el tráfico (CEMEX, 2023)

Figura 33. Vista de la vía intervenida El Empalizado



Fuente. Creación propia a partir de trabajo de campo

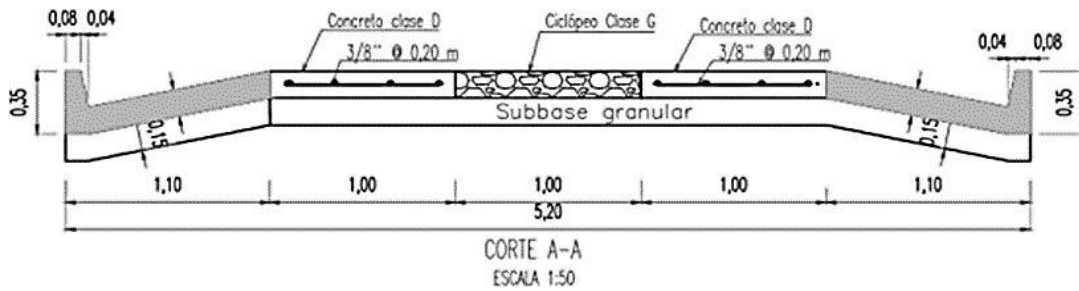
La vida útil de la placa huella puede extenderse por décadas con el mantenimiento adecuado, lo que la convierte en una inversión rentable a largo plazo para zonas rurales. Como se observa, se puede adaptar a variedad de terrenos, incluyendo aquellos con pendientes pronunciadas o suelos inestables. Su diseño modular permite ajustarla a las características específicas del terreno y a las necesidades de la comunidad (Castro & Sabogal, 2018).

Figura 34. Ejemplo de intervención vía vereda San isidro



Fuente. Creación propia a partir de trabajo de campo

Figura 35. Sección típica placa huella tipo 3



Fuente. Relación propia con base en los documentos recolectados y la información aportada por cada uno sobre los municipios de estudio de caso

7.5.3 Datos colisiones 2023- Zipaquirá vereda Vía vereda el Empalizado y San Isidro

Según las estadísticas aportadas por las entidades consultadas, la falta de una vía en buen estado, con señalización adecuada, puede ser un factor determinante en el aumento de la siniestralidad vial. Esta juega un papel decisivo en la seguridad vial al proporcionar información a los conductores, ciclistas y peatones sobre las normas de tránsito, las condiciones de la vía y los posibles peligros.

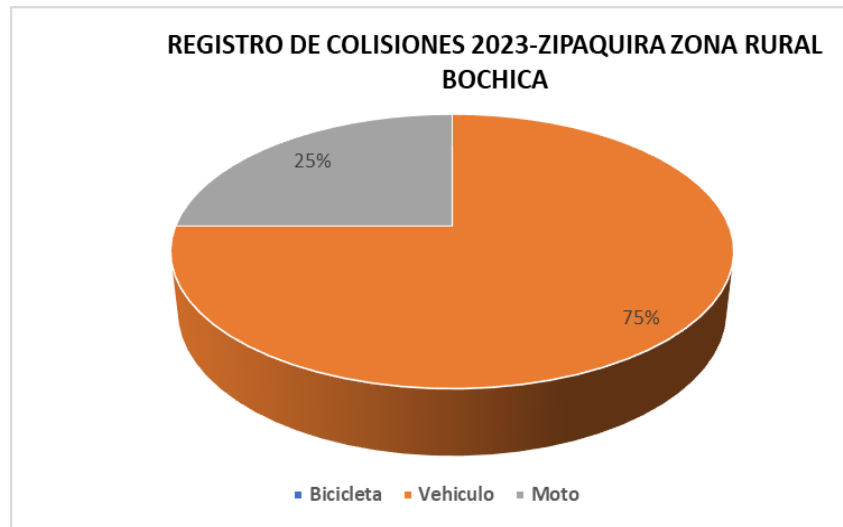
Tabla 23. Colisiones 2023 Zipaquirá vía El Empalizado

Usuario Vía	Transporte de carga	Transporte Individual	Total
Bicicleta		1	1
Vehículo	3	1	4
Moto	1	1	2
Total			7

Fuente. Información aportada por oficina de seguridad vial municipal

La falta de señales claras y visibles puede generar confusión entre los usuarios de la vía, especialmente en aquellos que no están familiarizados con la zona. Esto puede llevar a errores de conducción, como tomar giros incorrectos, exceder el límite de velocidad o no ceder el paso, lo cual deja como resultado un buen número de coalición de vehículos.

Figura 36. Registro zona de estudio



Fuente. Creación propia a partir de información aportada por oficina de seguridad vial

Figura 37. Zipaquirá vía veredas El Empalizado y San Isidro

Usuario Vía	Transporte individual	Transporte de carga	Total
Bicicleta	3		1
Moto	2	2	4
vehículo	2	1	2
Total			7

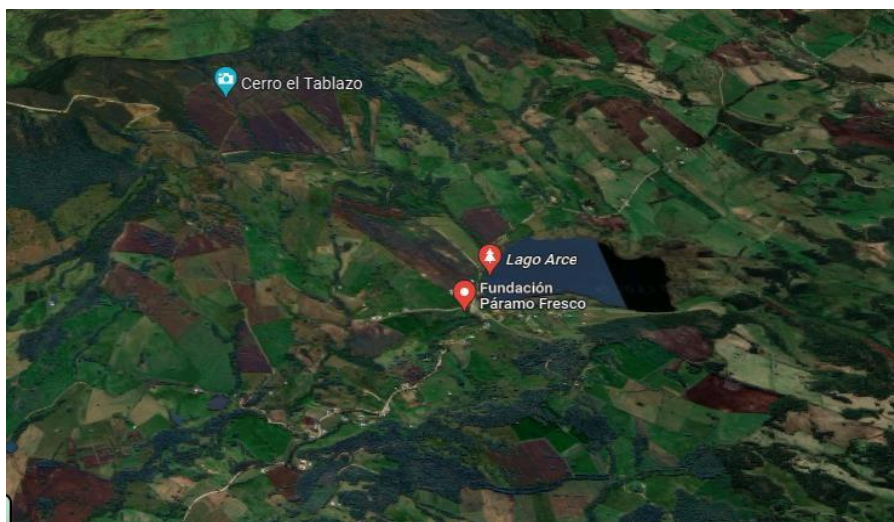
Fuente. Creación propia a partir de información aportada por oficina de seguridad vial

Aunque en las vías secundarias las señales de advertencia informan a los conductores sobre peligros potenciales en la vía, como intersecciones, curvas cerradas, zonas escolares o pasos peatonales. En las vías terciarias no ocurre lo mismo. Sin estas señales, los conductores no pueden anticipar el peligro y tomar las medidas preventivas necesarias, lo que aumenta el riesgo de accidentes. En condiciones de poca luz o lluvia, la falta de señales retroreflectantes puede dificultar la visibilidad de los conductores, ciclistas y peatones, aumentando el riesgo de colisiones. También se genera una sensación de inseguridad entre los usuarios de la vía, especialmente en peatones y ciclistas. Esto puede disuadirlos de usar la vía, lo que limita su movilidad y afecta negativamente su calidad de vida.

7.5.4 Subachoque vía vereda Paramo y Pantano Arce

El Municipio de Subachoque se encuentra ubicado en la Provincia Sabana de Occidente, a 35 Km de distancia de Bogotá D. C. La ruta Vía vereda Paramo y pantano Arce Subachoque a 33,2 km se acerca más a Subachoque, Cundinamarca (Departamento Nacional de Planeación, 2016). Está considera una ruta difícil, por lo cual, se construyeron 1169.35 m con un ancho de calzada en su sección transversal de 7 metros incluyendo cunetas, sin contar con los bordillos

Figura 38. Ubicación geográfica de la vía vereda Paramo y pantano Arce Subachoque



Nota: evidencia tomada de Google Earth para claridad de la información aportada

De acuerdo con la forma de la vía, los datos recolectados son los siguientes:

Tabla 24. Siniestralidad en la vía

TRAMO VÍA VEREDA PÁRAMO Y PANTANO DE ARCE	Inicio tramo	K0+000	Fin tramo	k1+169,35	Longitud 1169.35 m
	Norte	1041188,870	Norte	1042260,500	
	Este	985991,270	Este	985823,230	

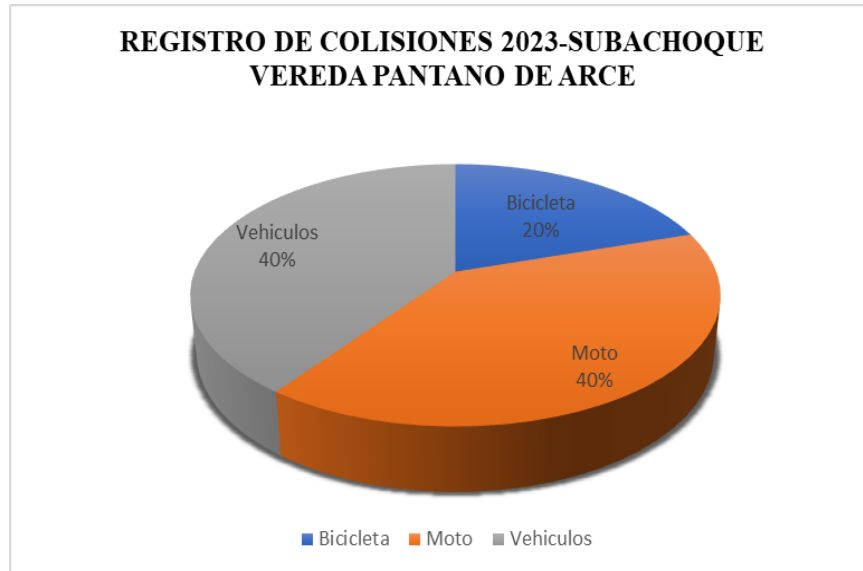
Fuente. Información aportada por oficina de seguridad vial municipal

Los incidentes de colisiones se relacionan a continuación:

Tabla 25. Colisiones 2023. Subachoque vía vereda Páramo - Pantano Arce

Usuario Vía	Transporte de carga	Transporte de pasajeros	Total
Bicicleta	1	1	2
Moto	2	1	3
Vehículos	2	1	3
Total			8

Figura 39. Registro Subachoque vereda Pantano de Arce



Fuente. creación propia a partir de información aportada por oficina de seguridad vial

La colisiones en el año 2023, en la vía Subachoque vereda Pantano de Arce, fueron altas teniendo en cuenta que el sector es pequeño y la cantidad de habitantes no es muy alta. La vía presentaba deterioro importante que condujo a la intervención con placa huella para disminuir los problemas que se estaban aumentando. Es una vía que tiene alturas importantes y que es muy usada por ciclistas tanto de la región como de otras zonas que van hasta allí para su práctica deportiva.

Figura 40. Evidencia tomada en trabajo de campo 2024



Fuente. Evidencia personal para sustento de análisis

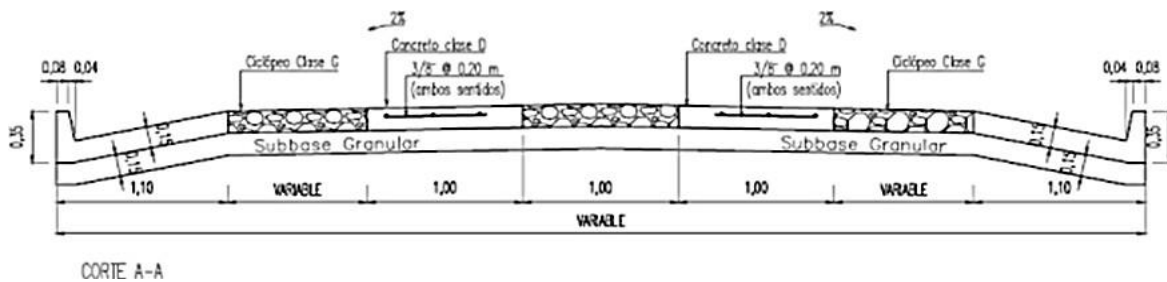
Figura 41. Vehículos que usan la vía



Fuente. Evidencia personal como sustento de análisis

El tipo de placa huella desarrollado en el tramo unidad de análisis se especifica en la siguiente figura 43

Figura 42. Sección transversal tipo 5



Fuente. Evidencia personal como sustento de análisis

7.5.5 Guatavita Vereda la Carbonera

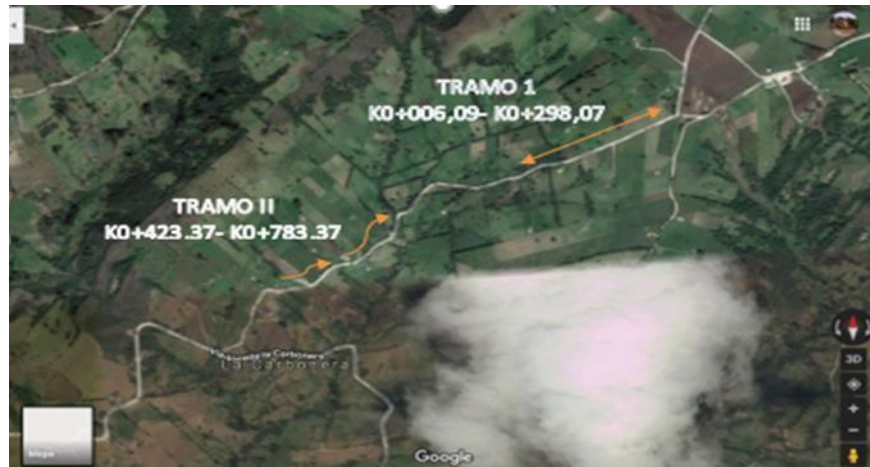
El municipio de Guatavita cuenta con varias veredas en las que se encuentran Carbonera Alta y Carbonera Baja, las cuales se ubican en una zona montañosa de variada altitud que se puede apreciar en la vía de acceso que existe. Por esta razón, los habitantes y trabajadores de la zona encuentran constantes impedimentos para acceder en épocas de lluvias y realizar actividades cotidianas. Situación que en repetidas ocasiones se convierte en impedimento para llegar a su hogar. Por este escenario, la administración municipal creó un proyecto de pavimentación de la vía de acceso, el cual fue aprobado por el ICCU⁷ que aporta los recursos para la pavimentación por medio de placa huellas de 2 tramos que sumados comprende aproximadamente 650 m. El proyecto se llevó a cabo a 5.2 km al noreste del casco urbano de Guatavita, en un tramo de vía terciaria de aproximadamente de 1 km (Convenio ICCU 075, 2018).

En la siguiente figura se ilustra el tramo de placa huella a intervenir y su localización respecto al embalse de Tominé y al casco urbano de Guatavita. Se determinó mediante el

⁷Instituto de Infraestructura y Concesiones de Cundinamarca

promedio ponderado de las pendiente promedio para el proyecto obtuvo un valor de 8.05% conforme a los estudios de factibilidad.

Figura 43. Ubicación tramo I y II vereda La Carbonera



Fuente. Ubicación reproducida en Google Earth

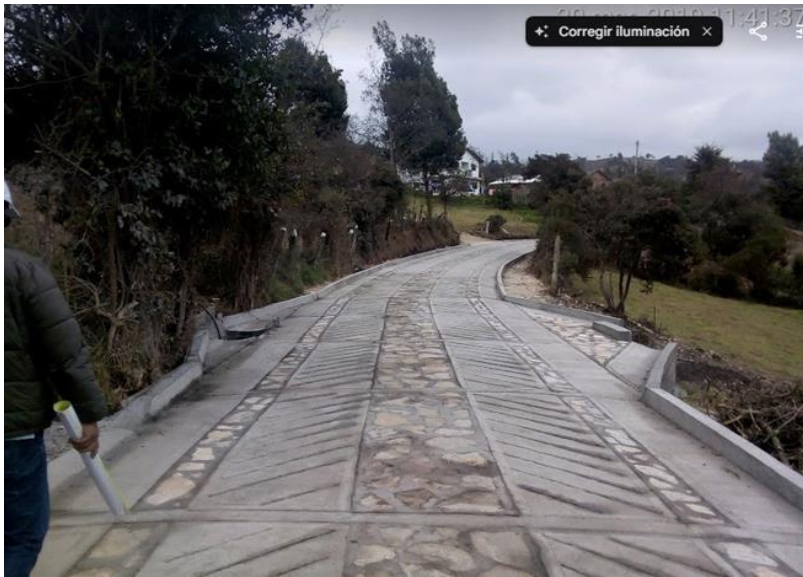
Vía vereda carbonera alta y baja Guatavita (Cundinamarca) Convenio 073 De 2018
Suscrito con el ICCU.

Tabla 26. Características del convenio

TRAMO 1	Inicio tramo	K0+006,09	Fin tramo	K0+298,07	Longitud 291,98 m
	Norte	1039465,174	Norte	1039331,075	
	Este	1033002,170	Este	1032742,905	
TRAMO 2	Inicio tramo	K0+423,37	Fin tramo	K0+783,37	Longitud 360 m
	Norte	1039010,979	Norte	1038856,043	
	Este	1032179,762	Este	1031887,207	

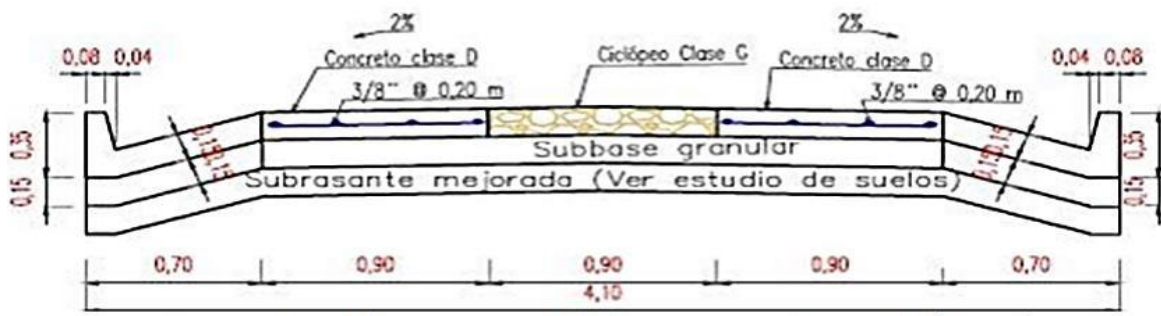
Fuente. Desarrollo personal a partir de información recolectada

Figura 44. Sección transversal. Tramo 1. Ancho 4.10 m



Fuente. Evidencia tomada en trabajo de campo

Figura 45. Sección transversal tramo I



Fuente. Información tomada desde documentos de investigación

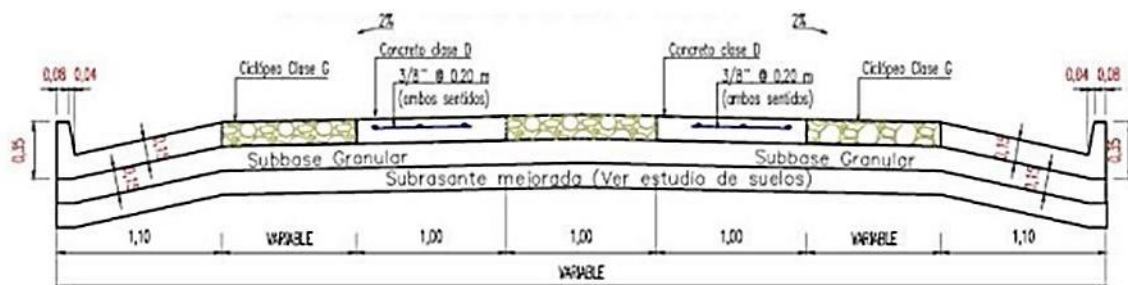
La sección transversal del tramo 1 tiene un ancho de 4.10 m con una longitud de 291,98 donde comúnmente transitan peatones, bici usuarios, motos, vehículos tipo tándem muchos de ellos provenientes de la planta de Colanta y automóviles.

Figura 46. Sección tramo 2. 7 m de ancho



Fuente. Evidencia tomada en trabajo de campo

Figura 47. Corte transversal tramo 2 de 7 m



Fuente. Información tomada desde documentos de investigación

La comunidad, la alcaldía, la supervisión del contrato ICCU en su momento vieron la viabilidad de ampliar la sección transversal tipo para tener un mejor desarrollo en el tráfico bidireccional. El ancho dispuesto para este tramo es de 7 m. A pesar de la discontinuidad de los tramos construidos, se evidencia falta de implementación de señalética tanto vertical como horizontal que garantice el tráfico mixto vehicular.

7.5.6 Análisis y datos desde las encuestas aplicadas

Para buscar la participación de la comunidad de los municipios intervenidos y de las autoridades encargadas, se aplicaron dos encuestas: una para las autoridades en la zona (Grupo 1) y la otra para trabajadores, profesionales y habitantes (Grupo 2). Este informe contiene un total de 13 preguntas para autoridades y 20 para las personas del grupo 2. Se recolectó en el mes de abril de 2024. De los encuestados, no se preguntó por su sexo, ni edad (debían ser personas mayores de edad). El 100% de los encuestados están vinculados con la región por su trabajo, por ser habitante o por ser profesional vinculado con la intervención de placa huella en la vía. Dentro de las autoridades se encuentran las secretarías de tránsito de los municipios, los alcaldes y demás entidades vinculadas con el corredor vial y su mantenimiento. La encuesta es de preguntas cerradas. El universo del estudio corresponde a la cantidad de personas beneficiadas por ser habitantes de la zona así: 112.069 personas de Zipaquirá, 16.117 de Subachoque y 6.980 de Guatavita, para un total de 135.166 beneficiados.

Para garantizar la aleatoriedad de la muestra y evitar sesgos en los resultados del estudio, se decidió usar un método de muestreo probabilístico que corresponde al Muestreo Aleatorio Simple (MAS), por la disponibilidad de información sobre la población objetivo y los recursos disponibles para el estudio. El MAS es un método de selección que se basa en la selección de individuos con la misma probabilidad de seleccionarse que todos los demás (Ortega, 2022). Es como tomar un subconjunto de un conjunto. Este método garantiza la imparcialidad y representatividad de la muestra, siempre que se cumplan con la imparcialidad, es decir que no existan sesgos en la selección de la muestra, que la muestra refleje las características de la población (Hernández, et al, 2014).

Luego se procedió a definir la población objetivo desde el marco muestral de todos los individuos de la población objetivo o beneficiarios de la zona, como se anotó anteriormente. Se tomó una muestra representativa de 54 personas que equivale al 0,04% del total zonal

Cumplido este paso, se procedió a contactar a los individuos seleccionados por medio de correo electrónico invitándolos a participar en el estudio. En general, el marco muestral está completo y actualizado. Es una muestra representativa de la población objetivo. Se decidió usar el MAS porque es una encuesta de opinión (Ortega, 2022). El cálculo del tamaño de la muestra dependía de varios factores, como el nivel de confianza deseado, el margen de error tolerable y la variabilidad de la población. Se usó la fórmula Cochran porque el estudio se basa en encuesta o cuestionario. Esta fórmula se basa en el principio de: a mayor nivel de confianza y menor margen de error, mayor será el tamaño de la muestra. Su fórmula es:

$$n = z^2 * p * (1 - p) / e^2$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

z: Nivel de confianza (en unidades de desviación estándar). Se suele utilizar 1.96 para un nivel de confianza del 95% y 2.58 para un nivel de confianza del 99%.

p: Proporción esperada del evento de interés. Se estima a partir de estudios previos o de la experiencia del investigador.

(1 - p): Proporción esperada del evento contrario al evento de interés.

e: Margen de error tolerable. Se expresa en unidades porcentuales

Desarrollo:

Se desea un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. No se obtuvo información previa sobre la opinión de los emprendedores, por lo que se estimó una proporción esperada (p) del 20%.

$$n = 1.96^2 * 0.5 * (1 - 0.5) / 0.05^2$$

$$n=384$$

De esta cantidad se tomó 50 personas. La muestra es lo suficientemente diversa para reflejar la variedad de la población objetivo en términos de variables como: región de residencia, sector de actividad, etapa del proyecto, entre otras. Esto permitió obtener resultados más generalizables y representativos de la realidad, teniendo en cuenta que bajo la Ley 1581 de 2012, las personas pueden negarse a entregar datos e información personal o de su actividad, aun cuando se ofrezca anexar un consentimiento informado. En este contexto, tomando como base el desarrollo de criterios para proponer la metodología se obtuvo la siguiente interpretación de resultados

Matriz de Resultados de Encuesta sobre Señalización en Vías Terciarias en Placa Huella

Objetivo: Resumir los resultados más relevantes de la encuesta aplicada a autoridades municipales, trabajadores, profesionales y habitantes sobre la señalización en vías terciarias en placa huella.

Tabla 27. Análisis de respuestas encuesta

Matriz de Resultados Encuesta Señalización en Vías Terciarias en Placa Huella de Zipaquirá, Subachoque, Guatavita																							
Pregunta	Respuestas más frecuentes	Importancia o prioridad de cada respuesta	Gráfico																				
¿Cuánta personas usan el corredor vial?	7000, 3000, 15000, 1500, 450, 500, 8230, 6800, 6000, 3500, 8000, 9000, 4000, 11000	El promedio hallado es de 6.099 personas, por lo cual, la respuesta es importante para establecer la necesidad	<table><thead><tr><th>Categoría</th><th>Serie 1</th><th>Serie 2</th><th>Serie 3</th></tr></thead><tbody><tr><td>Categoría 1</td><td>4</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>Categoría 2</td><td>2</td><td>4</td><td>2</td></tr><tr><td>Categoría 3</td><td>3</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>Categoría 4</td><td>4</td><td>3</td><td>5</td></tr></tbody></table>	Categoría	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Categoría 1	4	2	2	Categoría 2	2	4	2	Categoría 3	3	2	3	Categoría 4	4	3	5
Categoría	Serie 1	Serie 2	Serie 3																				
Categoría 1	4	2	2																				
Categoría 2	2	4	2																				
Categoría 3	3	2	3																				
Categoría 4	4	3	5																				
¿Tipo de vehículos que transitan por el corredor vial?	Tráfico mixto: carga, automovil, motocicleta, bicicleta, otro	La respuesta más común es vehiculos de carga y automóviles. Importante para necesidad de señalización en la vía estudio de caso	<table><thead><tr><th>Vehículo</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Automóvil</td><td>40%</td></tr><tr><td>Camión</td><td>40%</td></tr><tr><td>Motocicleta</td><td>15%</td></tr><tr><td>Otro (Especifique)</td><td>5%</td></tr></tbody></table>	Vehículo	Porcentaje	Automóvil	40%	Camión	40%	Motocicleta	15%	Otro (Especifique)	5%										
Vehículo	Porcentaje																						
Automóvil	40%																						
Camión	40%																						
Motocicleta	15%																						
Otro (Especifique)	5%																						
¿Cuántos accidentes de tránsito en el último año (entre marzo de 2023 y marzo de 2024) en las vías terciarias de la zona?	Las respuestas más frecuentes son entre uno y tres, entre cuatro y seis	Al combinar con datos de autoridades se concluye que hay diferencia en datos, dado que la margen nacional es más amplia. Las personas de la zona tienen información más precisa por la interacción con la situación	<table><thead><tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Ninguno</td><td>40%</td></tr><tr><td>Entre uno y tres</td><td>60%</td></tr><tr><td>Entre cuatro y seis</td><td>0%</td></tr><tr><td>Entre siete y diez</td><td>0%</td></tr><tr><td>Más de diez</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Categoría	Porcentaje	Ninguno	40%	Entre uno y tres	60%	Entre cuatro y seis	0%	Entre siete y diez	0%	Más de diez	0%								
Categoría	Porcentaje																						
Ninguno	40%																						
Entre uno y tres	60%																						
Entre cuatro y seis	0%																						
Entre siete y diez	0%																						
Más de diez	0%																						
¿Cuál es la causa más común de estos accidentes?	Fatiga, No respetar señales de tránsito, Exceso de velocidad, Conducir con influencia del alcohol, Distracciones (celular), Condiciones climáticas adversas, Mal estado de vía, Defectos mecánicos	La respuesta más recurrente es la fatiga, seguida por No respetar las señales de tránsito, el exceso de velocidad, las distracciones, el alcohol, el mal estado de la vía	<table><thead><tr><th>Causa</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Exceso de velocidad</td><td>83.3%</td></tr><tr><td>No respetar las señales de tránsito</td><td>11.1%</td></tr><tr><td>Conducir bajo influencia del alcohol</td><td>0%</td></tr><tr><td>Distracciones (celular)</td><td>0%</td></tr><tr><td>Condiciones climáticas adversas</td><td>0%</td></tr><tr><td>Mal estado de vía</td><td>0%</td></tr><tr><td>Defectos mecánicos</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Causa	Porcentaje	Exceso de velocidad	83.3%	No respetar las señales de tránsito	11.1%	Conducir bajo influencia del alcohol	0%	Distracciones (celular)	0%	Condiciones climáticas adversas	0%	Mal estado de vía	0%	Defectos mecánicos	0%				
Causa	Porcentaje																						
Exceso de velocidad	83.3%																						
No respetar las señales de tránsito	11.1%																						
Conducir bajo influencia del alcohol	0%																						
Distracciones (celular)	0%																						
Condiciones climáticas adversas	0%																						
Mal estado de vía	0%																						
Defectos mecánicos	0%																						
¿Con qué frecuencia transita usted por las vías terciarias de Subachoque - Guatavita - Zipaquirá?	Tres veces por semana, Dos veces por semana, Una vez por semana, Diario, Más de cuatro veces por semana	La respuesta más frecuente es Tres veces por semana, seguida por Dos veces por semana, y Una vez por semana. A diario, más de cuatro veces por semana son las menos frecuentes. Al comparar con otras fuentes se ratifica dinámica de vía rural	<table><thead><tr><th>Frecuencia</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Diario</td><td>45%</td></tr><tr><td>Una vez por semana</td><td>20%</td></tr><tr><td>Dos veces por semana</td><td>15%</td></tr><tr><td>Tres veces por semana</td><td>10%</td></tr><tr><td>Más de cuatro veces por semana</td><td>10%</td></tr></tbody></table>	Frecuencia	Porcentaje	Diario	45%	Una vez por semana	20%	Dos veces por semana	15%	Tres veces por semana	10%	Más de cuatro veces por semana	10%								
Frecuencia	Porcentaje																						
Diario	45%																						
Una vez por semana	20%																						
Dos veces por semana	15%																						
Tres veces por semana	10%																						
Más de cuatro veces por semana	10%																						
¿Ha experimentado algún problema de accesibilidad a la vía por la señalización?	El 100% de los entrevistados aseguraron que sí han experimentado problemas de accesibilidad porque no hay señalización en la vía	La respuesta es contundente porque se comprueba lo expuesto en la hipótesis de investigación: la falta de señalización en las vías terciarias con placa huella es una necesidad para evitar accidentes viales. Está incompleta	<table><thead><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>SI</td><td>100%</td></tr><tr><td>NO</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Respuesta	Porcentaje	SI	100%	NO	0%														
Respuesta	Porcentaje																						
SI	100%																						
NO	0%																						
¿Cuál es su opinión sobre la eficacia de la señalización actual en las vías terciarias de Subachoque - Guatavita - Zipaquirá?	El 100% de los entrevistados aseguraron que la señalización es deficiente y representa un riesgo para las personas, los animales y los mismos conductores	La respuesta es contundente porque se complementa la idea que la falta de señalización en las vías terciarias con placa huella es una necesidad para evitar accidentes viales. Está incompleta	<table><thead><tr><th>Opinión</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Excelente, es clara y cumple con todos los estándares</td><td>0%</td></tr><tr><td>Buena, hay áreas por mejorar, como la falta de algunos puntos o líneas</td><td>0%</td></tr><tr><td>Regular, la actual cumple la mayoría de los estándares</td><td>0%</td></tr><tr><td>Mala, la señalización es deficiente y representa un riesgo</td><td>100%</td></tr><tr><td>No sé</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	Opinión	Porcentaje	Excelente, es clara y cumple con todos los estándares	0%	Buena, hay áreas por mejorar, como la falta de algunos puntos o líneas	0%	Regular, la actual cumple la mayoría de los estándares	0%	Mala, la señalización es deficiente y representa un riesgo	100%	No sé	0%								
Opinión	Porcentaje																						
Excelente, es clara y cumple con todos los estándares	0%																						
Buena, hay áreas por mejorar, como la falta de algunos puntos o líneas	0%																						
Regular, la actual cumple la mayoría de los estándares	0%																						
Mala, la señalización es deficiente y representa un riesgo	100%																						
No sé	0%																						

Tabla 28. Análisis respuestas encuesta

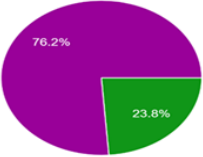
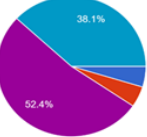
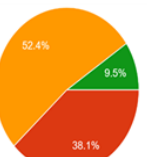
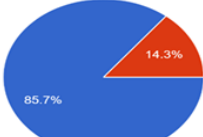
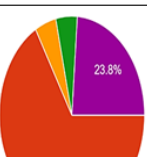
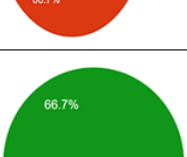
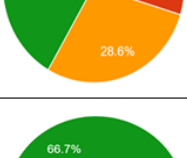
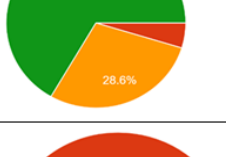
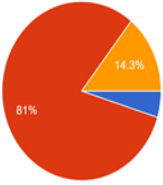
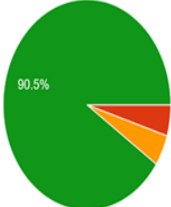
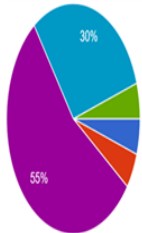
Matriz de Resultados Encuesta Señalización en Vías Terciarias en Placa Huella de Zipaquirá, Subachoque, Guatavita			
Pregunta	Respuestas más frecuentes	Importancia o prioridad de cada respuesta	Grafico
¿En general, cómo califica la señalización en las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá?	La mayoría de encuestados (76.2%) considera que la señalización en las vías terciarias es deficiente	La respuesta es importante como punto de vista y opinión de quienes tienen conocimiento calificado de la señalización vial	 - Excelente - Buena - Regular - Mala - Pésima
¿Deben hacerse cambios en la señalización de las vías terciarias para mejorar la seguridad y la movilidad. Especifique cuáles?	Nuevamente se presenta la misma característica de las respuestas anteriores. Una gran mayoría cree que deben existir más señales y mejores	La respuesta más común es mejorar e instalar las señales de advertencia y señales informativas	 - Instalar más señales - Mejorar la visibilidad de las señales - Simplificar las señales - Eliminar las señales innecesarias - Instalar señales de advertencia - Instalar señales de información - Implementar un sistema de señalización inteligente - Educar a los conductores sobre la señalización
¿Cuál es su experiencia con el uso de placa huella en otras regiones del país?	La mayoría de profesionales y personal encuestado tiene una alta experiencia en el manejo de placa huella para la recuperación de vías y en su señalización	Al combinar con datos de autoridades se concluye que existe una gran capacidad en el manejo de la placa huella y en el conocimiento de las necesidades de efectividad en la señalización	 - Poca (Menos de un proyecto) - Alguna (Dos proyectos) - Mucha (Más de 10 proyectos) - Extensa (Siempre he trabajado con ella)
¿Cómo calificaría el uso de placa huella en las vías terciarias del país según su experiencia?	Para la mayoría de encuestados, el uso de placa huella en las vías terciarias es aceptable	La respuesta más recurrente es la aceptable porque los encuestados creen que necesita mayor mantenimiento y cuidado por parte de las administraciones locales	 - Aceptable - Buena - Excelente
¿Cómo beneficia la placa huella a las vías terciarias de Subachoque – Guatavita – Zipaquirá?	La respuesta más destacada es que mejora la calidad de vida de las comunidades, seguida por la idea que impacta la economía de la zona	La respuesta más frecuente es que mejora la calidad de vida de las personas, aunque son conscientes que mejora la economía pero puede cambiar la oportunidad si no se mantiene su cuidado y desarrollo en otros sectores	 - Disminuye la accidentalidad - Mejora el nivel de vida de las comunidades - Aumenta el flujo vehicular - Mejora el transporte para residentes y turistas - Impacta la economía de la zona - Nada, todo continuaría igual
¿Cómo calificaría su nivel de satisfacción con la obra de señalización de placa huella en las vías terciarias?	La comunidad, los transportadores y residentes aseguran sentirse insatisfechos con la obra de placa huella porque no consideran que sea una buena solución para el sector	La respuesta es importante porque pone de manifiesto es desconocimiento que existe sobre la reparación de vías por medio de la placa huella. Su sentir es que es una forma de pavimento que no dura y por el tráfico pesado no es eficiente	 - Muy satisfecho - Satisfecho - Insatisfecho - Muy insatisfecho
¿Ha notado mejora en la seguridad vial desde la implementación de la señalización placa de huella?	La mayoría no ha notado mejora en la seguridad vial desde la implementación de la placa huella en la zona	La respuesta es contundente porque se complementa con la idea de falta de señalización en las vías terciarias con placa huella es una necesidad para evitar accidentes viales. Está incompleta	 - Muy satisfecho - Satisfecho - Insatisfecho - Muy insatisfecho
¿En el trabajo de actual desarrollo de las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá, ha visto señalización vial en la placa huella?	El 95% asegura no haber visto señalización en las vías terciarias de la zona	La respuesta es importante porque se complementa con la idea de falta de señalización en las vías terciarias con placa huella es una necesidad para evitar accidentes viales.	 - SI - NO

Tabla 29. Análisis respuestas encuesta

Matriz de Resultados Encuesta Señalización en Vías Terciarias en Placa Huella de Zipaquirá, Subachoque, Guatavita			
Pregunta	Respuestas más frecuentes	Importancia o prioridad de cada respuesta	Gráfico
¿Qué señales viales son más importantes en las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá ?	La mayoría de los encuestados considera que deben implementarse señales reglamentarias (81%)	La respuesta es importante porque refleja el conocimiento que tienen los usuarios de las señales de tránsito y cuál es la necesidad	 - Señales preventivas - Señales reglamentarias - Señales informativas
¿Qué tan comprensible es la información que presenta la señalización para peatones/ciclistas en las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá?	No es comprensible la señalización existente en la vía para la mayoría de los usuarios que consideran que se debe modificar en su mayoría	La respuesta es importante porque permite observar el contexto de la necesidad para quienes habitan en la región	 - Muy comprensible - Comprensible - Poco comprensible - No comprensible
¿Qué cambios debe hacerse en la señalización de las vías terciarias para mejorar la seguridad y la movilidad?	Para la mayoría de encuestados (55%) el cambio principal es instalar señales de advertencia, seguido por señales de información	Al combinar con datos de autoridades se concluye que existe una gran necesidad de mejorar la señalización vial en las vías terciarias del país, porque beneficia a sectores rurales	 - Instalar más señales - Mejorar la visibilidad de las señales - Simplificar las señales - Eliminar las señales innecesarias - Instalar señales de advertencia - Instalar señales de información - Implementar un sistema de señalización inteligente - Educar a los conductores sobre la señalización

Fuente. Propia

El análisis de la encuesta deja claro que la Placa Huella es una opción de mantenimiento y desarrollo de vías que no ha sido asimilado por la comunidad a la cual beneficia. Que existe una necesidad urgente de señalización vial que comprende:

- Señales de advertencia: Curvas, cruces, zonas escolares.
- Señales de información: Límites de velocidad, direcciones.
- Señales de reglamentación: Paso peatonal, pare.

Que, en la zona intervenida, se deben implementar medidas adicionales para reducir accidentes viales y brindar mejor calidad de vida a las personas que viven en la zona de injerencia de la vía y aprovechan positivamente su mantenimiento con placa huella. Las medidas son:

- Implementación de reductores de velocidad.

- Mejoramiento del estado de la vía (pavimentación, bacheo).
- Campañas de educación vial para todos los usuarios.

De igual manera, se debe buscar una participación efectiva de la comunidad, ya que son estas personas las que padecen los problemas viales y se benefician con los adelantos que se hagan o se someten a las malas decisiones en seguridad vial. Para la participación de la comunidad es importante mantener la comunicación por medio de:

- Talleres informativos y consultas públicas.
- Involucramiento de líderes comunitarios en la identificación de necesidades.
- Mecanismos de retroalimentación y seguimiento.

Para alcanzar el nivel de desarrollo que los encuestados reclaman, se deben mantener los roles de las autoridades administrativas como son:

- Locales: Diagnóstico, implementación y mantenimiento de la señalización.
- Nacionales: Definición de normativas, asignación de recursos, apoyo técnico.

Como es lógico, todo programa de mantenimiento vial o desarrollo de vías, debe contar con un buen financiamiento y la seguridad que las cosas se van a llevar a buen término

- Asignación de recursos presupuestales por parte de las entidades locales y nacionales.
- Búsqueda de alianzas con el sector privado.
- Implementación de mecanismos de cofinanciación con la comunidad.

Las prioridades que deben manejarse se relacionan con atender las necesidades urgentes de señalización, implementar medidas adicionales para reducir accidentes, fomentar la participación efectiva de la comunidad, establecer roles claros para las autoridades locales y nacionales y asegurar financiamiento sostenible para la señalización y el mantenimiento. De

forma general, es claro que el buen desarrollo de vías terciarias y una óptima señalización va a impactar la seguridad vial del sector, se van a reducir el número de accidentes de tránsito, se va a proteger la vida de conductores, peatones, ciclistas y habitantes, se impulsa el desarrollo económico y social de las comunidades rurales. Una señalización adecuada de las vías terciarias en placa huella es una inversión crucial para la seguridad vial, el desarrollo económico y el bienestar de las comunidades rurales. Las autoridades locales, nacionales y la comunidad en general deben trabajar en conjunto para garantizar que estas vías sean seguras y accesibles para todos (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2020).

7.6 Objetivo 4

El plantear una metodología de señalización para vías terciarias en placa huella que permita reducir el riesgo de accidentes de tránsito y la movilidad segura de peatones y ciclistas en la zona de intervención o estudio de caso, implica reconocer que las vías terciarias en placa huella juegan un papel crucial en la conectividad rural, facilitando el acceso a servicios básicos, mercados y oportunidades para las comunidades. Sin embargo, la falta de señalización adecuada en estas vías puede generar riesgos para la seguridad de los usuarios, incluyendo conductores, peatones y ciclistas. En este contexto, se propone una metodología integral para la señalización de vías terciarias en placa huella, con el objetivo de reducir el riesgo de accidentes de tránsito y garantizar la movilidad segura de todos los usuarios. La metodología se basa en los siguientes principios:

1. Enfoque Basado en Evidencia:

- Recopilación y análisis de datos sobre siniestralidad en la vía, identificando puntos críticos y causas de accidentes.
- Análisis del comportamiento de los usuarios (conductores, peatones, ciclistas) en la vía.

- Consideración de las características físicas y ambientales de la vía (curvas, pendientes, visibilidad).

2. Participación Comunitaria:

- Involucrar a la comunidad en el proceso de identificación de necesidades de señalización y selección de soluciones.
- Promover el sentido de corresponsabilidad en la seguridad vial y el mantenimiento de la señalización.

3. Cumplimiento de Normativas:

- Basarse en el Manual de Señalización Vial de Colombia (INV, 2022) y complementarlo con guías internacionales como las del Banco Mundial o la FIA.
- Asegurar la visibilidad, claridad y consistencia de la señalización.

4. Priorización de la Seguridad:

- Implementar señales de advertencia en zonas de riesgo (curvas, cruces, intersecciones, zonas escolares).
- Instalar señales de información que brinden indicaciones claras sobre límites de velocidad, direcciones y destinos.
- Utilizar señales de reglamentación para regular el tránsito y prevenir comportamientos riesgosos.
- Considerar la instalación de señales complementarias como dispositivos luminosos o retroreflectantes para mejorar la visibilidad en condiciones de poca luz.

5. Atención a Peatones y Ciclistas:

- Instalar señales específicas para peatones y ciclistas, indicando su presencia y preferencia en el uso de la vía.

- Delimitar zonas seguras para el cruce de peatones y ciclistas.
- Implementar reductores de velocidad en zonas de alta concentración de peatones y ciclistas.

6. Mantenimiento y Seguimiento:

- Establecer un programa de mantenimiento periódico para verificar el estado de la señalización y asegurar su correcto funcionamiento.
- Realizar seguimiento y evaluación del impacto de la señalización en la siniestralidad y la movilidad vial.
- Adaptar y mejorar la señalización en función de los resultados del seguimiento y la retroalimentación de la comunidad.

7. Pasos para la Implementación:

1. Diagnóstico: Realizar un diagnóstico completo de la vía, incluyendo la recopilación de datos sobre siniestralidad, el comportamiento de los usuarios y las características físicas y ambientales como se trabajó en el presente documento
2. Diseño: Diseñar un plan de señalización integral, considerando los resultados del diagnóstico, las normativas vigentes, las necesidades de los usuarios y las características específicas de la vía.
3. Implementación: Implementar el plan de señalización de manera eficiente y segura, utilizando materiales de alta calidad y siguiendo las normas técnicas correspondientes.
4. Mantenimiento: Establecer un programa de mantenimiento periódico para asegurar el buen estado de la señalización y su correcto funcionamiento.

5. Seguimiento y Evaluación: Realizar seguimiento y evaluación del impacto de la señalización en la siniestralidad y la movilidad vial. Adaptar y mejorar la señalización en función de los resultados del seguimiento y la retroalimentación de la comunidad.

La implementación de una metodología integral de señalización para vías terciarias en placa huella, basada en evidencia, participación comunitaria, cumplimiento de normativas, priorización de la seguridad y atención a peatones y ciclistas, junto con un programa adecuado de mantenimiento y seguimiento, puede contribuir significativamente a reducir el riesgo de accidentes de tránsito y garantizar la movilidad segura de todos los usuarios en estas vías.

7.7 Visibilidad en el corredor vial Placa huellas

Figura 48. Sector vía vereda Alto-Páramo y Pantano Arce Subachoque



Fuente. Imagen personal tomada en trabajo de campo para evidenciar problemas en la vía

Dentro de los hallazgos, con la evidencia en campo, se percibe la ausencia de dispositivos de regulación del tránsito que permitan una visibilidad adecuada a los usuarios que confluyen y transitan regularmente sobre este tipo de corredores viales. Dado que, por las condiciones del

terreno y los perfiles irregulares, que presentan deformaciones verticales, con pendientes muy pronunciadas y con curvas sin espiralizar, se deben implementar los siguientes dispositivos:

1) Adecuación para instalación de Captafaros:

Con base en el manual de señalización vial, estos deben ser en lámina metálica, con calibre mínimo de 20 mm y galvanizada por ambas caras. Se deben implementar en vías terciarias con ausencia de visibilidad. Pueden ir adosados a los limatones y/o listones en madera que se encuentran como límite de los predios a lo largo de los corredores viales. Tienen por función la advertencia en condiciones de visibilidad reducida y sirven para hacer un seguimiento visual del alineamiento horizontal del corredor vial (INV, 2022).

Figura 49. Ejemplo de Captafaros



Nota: creación propia a partir de información recolectada

La instalación está permitida en un rango de 0.70 m y 1.2 m para ello es indispensable tener en cuenta que la instalación debe ser uniforme y con adherencia sobre sus dos caras, las cuales deben ser retroreflectivas tipo III o superiores. El espaciamiento sugerido en la tabla 5-3 está sobre el rango de los 4 m para vías rurales, autopistas y carreteras, teniendo como base los

radios de curva inferiores < 100 y que estos dispositivos sean instalados en barricadas metálicas, para lo cual, y de acuerdo a esta necesidad, es procedente adaptar a las condiciones reales del corredor vial y que en efecto sean instalados sobre las varas, limatones, que se encuentren delimitando la vía sobre el corredor vial (Ministerio de Transporte, 2015).

Figura 50. Norma de espaciamiento entre placas

Tabla 5-3 Espaciamiento entre placas		
Radio de curvatura (m)	Espaciamiento (m)	
	Vías urbanas	Vías rurales, autopistas y carreteras
< 100	4	4
100 - 199	4	8
200 - 299	8	16
300 - 499	8	20
≥ 500	12	24

Nota: tomado del Manual de señalización (2015)

2) Demarcaciones elevadas:

Teniendo en cuenta la luminosidad reducida, se deben emplear tachas u “ojos de gato” sobre las huellas, por ser retrorreflectantes. De acuerdo a la sección transversal, se deben instalar por la parte central, donde se encuentra regularmente el ciclópeo sobre el eje de la calzada, siempre fuera de los carriles, con el fin de que permitan la segregación de los vehículos sobre el derecho de vía del usuario, teniendo en cuenta que estas vías son bidireccionales y que actualmente confluye el tráfico de bicicletas, motos, vehículos de carga y de transporte, sin una señalética adecuada (Cepeda, 2019). Si se tiene en cuenta que este tipo de dispositivos se adecuan perfectamente a las condiciones de las vías, también se van a mejorar las condiciones de seguridad. Por ser materiales sintéticos o metálicos de alta resistencia al impacto, son elementos viables como lo propone en sus disposiciones el manual de señalización en cuanto a las características de forma, materiales y anclaje (INV, 2022).

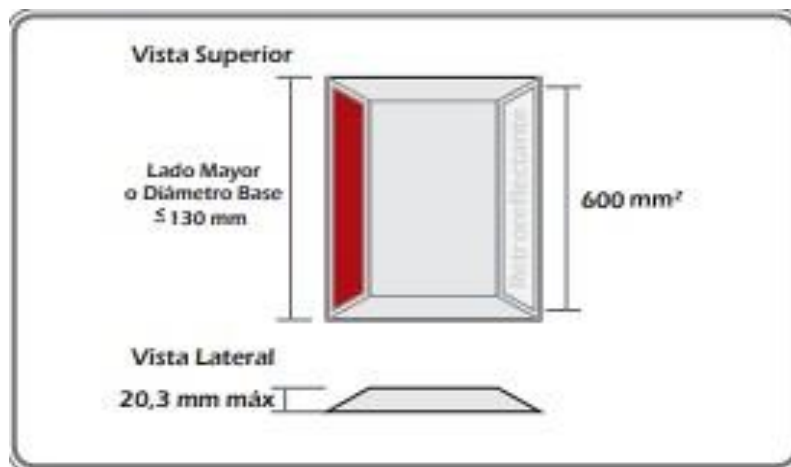
Estos elementos retrorreflectivos se deben instalar de acuerdo a la demarcación horizontal que presente el tramo. Si es blanco, se debe complementar con el mismo color o si es de color amarillo, sucede lo mismo. Según sea caso las tachas por norma deben estar al lado derecho a 0.05 m de las demarcaciones planas.

Figura 51. Tachas reflectivas



Nota: figura tomada del Manual de señalización (2015)

Figura 52. Dimensiones de las tachas



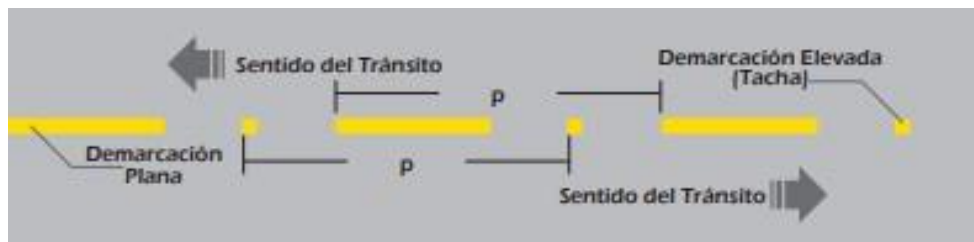
Nota: figura tomada del Manual de señalización (2015)

3) Implementación de Líneas Longitudinales:

El propósito de implementar líneas longitudinales es que permitan la diferenciación de carriles y calzadas para delimitar o cambiar de carril y las zonas de prohibición (Ministerio de Transporte, 2015). Dentro de las líneas longitudinales se encuentran:

1. Líneas centrales que separan flujos bidireccionales
2. Líneas que separan carriles
3. Líneas de borde de pavimento (Ministerio de Transporte, 2015)

Figura 53. Líneas centrales segmentadas



Nota: información del Manual de señalización (2015). Separación vía doble sentido con restricción de adelantamiento, en un sentido con un patrón de demarcaciones segmentadas en la vía = p , y una separación entre tachas = p en línea segmentada y una separación entre tachas = $\frac{1}{2} p$ en línea continua.

Para las vías terciarias, se requiere la implementación de líneas centrales que sirvan para la demarcación y la separación del doble sentido de las vías, de acuerdo a lo que se derive del tipo de sección transversal, con el fin de tener una perspectiva clara sobre la visibilidad requerida y las limitaciones sobre la misma. Conforme a la topografía y perfil vertical como horizontal (INV, 2022).

Figura 54. Líneas centrales continuas caso



Nota: información del Manual de señalización (2015). Separación vía doble sentido con restricción de adelantamiento en un sentido con un patrón de demarcaciones segmentadas en la vía = p , una separación entre tachas = $2p$. en línea segmentada y una separación de tachas = p en línea continua.

Figura 55. Líneas centrales continuas caso 3



Nota: información del Manual de señalización (2015). Separación vía doble sentido con restricción de adelantamiento en un sentido con un patrón de demarcaciones segmentadas en la vía = p , una separación entre tachas = $2P$. en línea segmentada y una separación de tachas = p en línea continua.

Las líneas longitudinales se adecuan al tipo de placa huella en el eje central de acuerdo al ancho de vía y la sección transversal tipo que este implementada en el corredor vial. Esto permitirá determinar una caracterización sobre el seguimiento del alineamiento horizontal y vertical.

Figura 56. Propuesta-sección transversal tipo 5



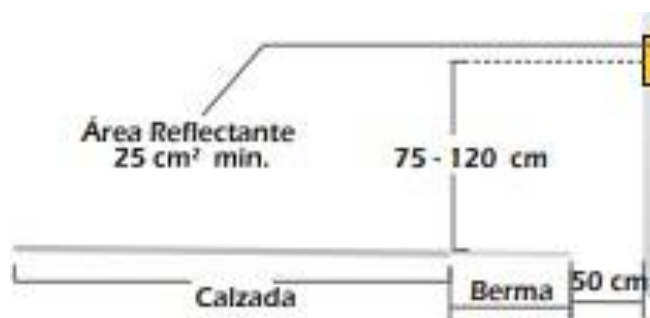
Nota: Imagen ilustrativa, en tiempo real, con ausencia de demarcación horizontal se simula como propuesta una demarcación con líneas continuas y discontinuas centrales, instalación de tachas reflectivas e instalación en cercado de Captafaros

Con alternativas que se encuentran regladas en el manual de Señalización (2015), vigente a la fecha, se pueden adoptar soluciones que mejoren las condiciones de visibilidad y la señalización de tipo horizontal para este tipo de corredores viales las cuales se deben adoptar conforme a las condiciones geométricas del alineamiento horizontal de este tipo de vías (Arellano, 2015).

4) Delineador de corona (hitos de arista):

Dentro de las opciones que están previstas y adaptables a las necesidades de este tipo de vías, está la instalación de delineadores de corona los cuales oscilan entre 0.75 m y 1.20 m de altura y la altura del delineador debe estar a la misma altura. De acuerdo a lo conceptuado en el manual de señalización (2015), los delineadores de corona en vías urbanas se ubican a borde de calzada en casco urbano, y fuera de la berma cuando exista en zona rural (Ministerio de Transporte, 2015). Sin embargo, para una vía terciaria y teniendo en cuenta su radio de curvatura se adecuen por detrás de los bordillos de acuerdo del alineamiento horizontal.

Figura 57. Ubicación transversal de delineadores verticales



Nota: información tomada del Manual de señalización 2015

Como se observa en la reglamentación vigente del Manual de Señalización, las condiciones están previstas en su ubicación para vías con berma cuando es el caso. Situación que no corresponde a las vías formadas como placa huellas, ya que estas se vienen construyendo con cunetas, por lo tanto, se deben adecuar e instalar después del bordillo cuneta perteneciente a la

seccion transversal, de acuerdo a las condiciones gemetricas de la via, manteniendo las distancias entre los delineadores de acuerdo a la norma (Ministerio de Transporte, 2015).

Figura 58. Delineadores verticales en curva horizontal



Fuente. En la foto se colocaron imágenes superpuestas de instalación de delineadores en el corredor vial de Zipaquirá Vereda el empalizado San Isidro, el espaciamiento debe ser de acuerdo a las condiciones geométricas de la vía de acuerdo a su radio de curvatura.

Tabla 30. Espaciamiento de delineadores verticales

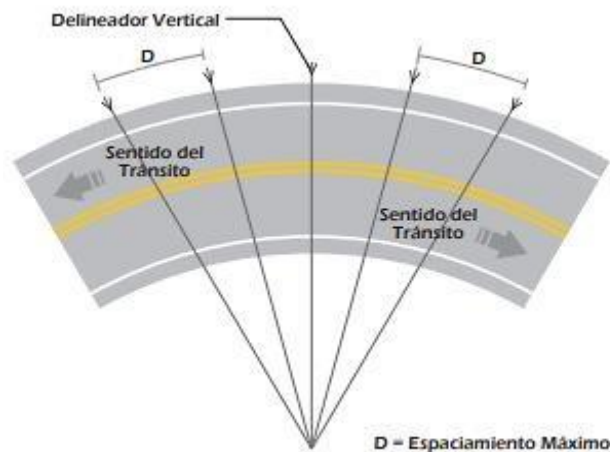
Tabla 5-1 Espaciamiento entre delineadores verticales	
Radio de curvatura (m)	Espaciamiento máximo (m)
< 100	10
100 - 199	15
200 - 299	20
300 - 499	25
500 - 699	30
700 - 899	40
≥ 900	50

Fuente. Tomado del Manual de señalización (2015). Para este caso el radio de curvatura <100, se tiene en cuenta los criterios del manual de diseño geométrico de carreteras del 2008, numeral 3.1.3.4.

El Radio mínimo de curvatura solo debe usarse en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. El radio mínimo se calcula de acuerdo al criterio de

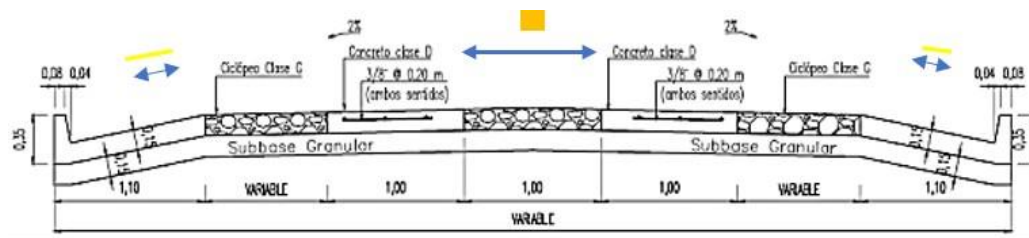
seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio (Ministerio de Transporte, 2015).

Ilustración 1. Ubicación de delineadores verticales



Fuente. Manual de señalización 2015

Figura 59. Instalación líneas continuas y discontinuas en sección transversal



Nota: Sección transversal en la que se pone en el eje de la vía en particular donde se dispone el concreto ciclópeo donde deben ir con demarcación discontinua, así mismo sobre el borde de cuneta con líneas continuas

5) Delineadores de Curva horizontal

De acuerdo a los criterios del manual de señalización vial (2015), se plantea la instalación de delineadores de curva horizontal, los cuales pueden ser simples o dobles según sea el caso. Se pueden instalar de forma perpendicular a la visual del conductor, dependiendo de las circunstancias bajo el criterio de instalación que se haya delineado. Este tipo de delineadores se deben instalar en curvas con velocidades de operación donde la velocidad sea menor de 20 Km/h, en comparación con el resto de la vía donde se ubican. Para este ejercicio, se debe ampliar

el criterio frente a las vías terciarias, específicamente la placa huella que se acondicione a velocidades de operación de 30 Km que es la velocidad de diseño (Ministerio de Transporte, 2015).



Fuente. Imagen superpuesta simulando la instalación-Delineadores de Curva Horizontal el cual se debe acondicionar a las dimensiones y condiciones de seguridad en curva horizontal teniendo en cuenta la velocidad de diseño respetando la distancia de separación.

Figura 61. Espaciamiento en metros de delineadores

Tabla 5-2 Espaciamiento máximo entre delineadores de curva horizontal		
Radio de curvatura (m)	Espaciamiento (m)	
	Vías urbanas	Vías rurales, autopistas y carreteras
50	10	19
75	12	23
100	15	27
150	20	33
200	22	38
250	24	42
300	27	46

Fuente. Manual de Señalización (2015) Espaciamiento requerido para delineadores de curva horizontal con radios de curva de 50 con un mínimo de 50 m.

Se debe adaptar para vías terciarias teniendo en cuenta las condiciones geométricas, incluidas las vías rurales, aunque dentro del alcance de la norma están las vías secundarias, porque los criterios hacen parte de las condiciones emitidas por el Manual de Señalización (2015) por sus condiciones en la geometría.

6) Demarcación en zonas escolares

Figura 62. Escuela rural Antonio Ricaurte. Vereda La Carbonera Baja-Guatavita



Fuente. Alcaldía Guatavita. Zonas escolares de la región municipal

Dentro del caso de la vía la Carbonera en Guatavita confluyen sobre la vía terciaria escuelas construidas inmediaciones de la zona Rural y la Planta de Colanta. Se presenta una gran concurrencia de usuarios, incluyendo buses escolares, camiones de carga, motociclistas, y biciusuarios donde las condiciones de seguridad vial son bastante deficientes, teniendo en cuenta el alto flujo peatonal y las condiciones del corredor vial.

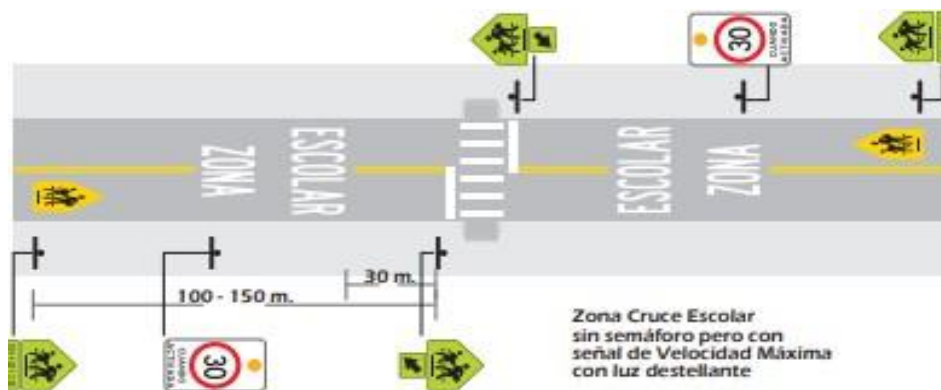
Figura 63. Ingreso rural Antonio Ricaurte



Fuente. Se evidencia la ausencia de señalización preventiva, informativa y reglamentaria requerida por las condiciones del alineamiento tanto horizontal como vertical generando un alto riesgo a los alumnos de la escuela Veredal teniendo en cuenta que es un corredor donde confluye el tránsito peatonal, en zona escolar, vehicular y de transporte

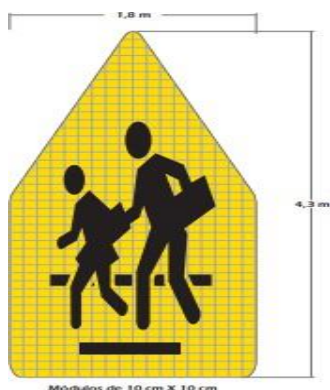
De acuerdo con el manual de señalización requerida para este tipo de escenarios con el fin de implementar pictograma precedida con PROXIMIDAD DE CRUCE ESCOLAR SP-47 incluyendo la señal de máxima velocidad con Baliza Destellante.

Figura 64. Pictograma señalización horizontal



Fuente. Manual de señalización (2015)

Figura 65. Proximidad de cruce escolar SP-47



Fuente. Manual de señalización 2015

Sin embargo, por las condiciones de velocidad de diseño de la vía que es de 30 Km/h no sería inviable la instalación de la Baliza antideslizante, ya que estos dispositivos se instalan para vías con velocidades de diseño de 60 Km/h, por lo tanto, se sugiere instalar y adecuar en los dos sentidos con una señal SR-30 B VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA de 30 KM/h (Cepeda, 2019).

Figura 66. Baliza antideslizante



Fuente. Manual de señalización que se instala en una señal de aproximación a zona escolar con vías que tienen una velocidad de diseño de 60 KM/h, por lo tanto, no aplica para vías terciarias tipo placa huella, aunque sea necesaria

Figura 67. SR-30 B velocidad máxima 30 Km/h



Fuente. Manual de señalización (2015). Con la señalización reglamentaria vertical, al suprimir la baliza se puede incluir en los dispositivos de aproximación requeridos para implementarse en vías terciarias para acompañamiento en la demarcación horizontal

La señalización incluye pictogramas que se identifican con las condiciones de diseño de la vía terciaria donde presente un riesgo potencial a las comunidades y donde exista presencia de Escuelas Rurales.

7) Instalación de señales Verticales Reglamentarias requeridas para vías terciarias

Respetando las dimensiones mínimas establecidas para las señales reglamentarias y preventivas se tienen las dimensiones de la señalética vertical para disposición dentro del corredor vial el cual está por debajo de los 70 KM/h.

Figura 68. Dimensiones mínimas de señales reglamentarias o preventivas en una SMV

Tabla 2.7-2 Dimensiones mínimas de señales reglamentarias o preventivas mostradas en una SMV		
	Dimensiones mínimas (mm)	
Velocidad máxima (km/h)	Señales reglamentarias (Ø) mm	Señales preventivas (mm)
Mayor a 100 km/h	1250	1400x1400
100 km/h	1000	1200x1200
80 o 90 km/h	800	1000x1000
≤70 km/h	600	800x800

Fuente. Manual de señalización (2015)

Figura 69. Registro propuesta de señalización

TIPO DE SEÑAL	IMPLEMENTACIÓN SEÑAL	CASO REGISTRO FOTOGRÁFICO
SR-11-DOBLE SENTIDO 	Se en este tipo de tramos se debe implementar la señal tipo SR-11 con base en sus características para notificar a conductores que existe una vía con transito bidireccional sin un separador	 20 abr. 2024 12:16:03 p. m. 4°58'7.572"N -74°12'13.89"W 309' NW Altitud:3042.7m Velocidad:0.4km/h Número de índice: 1483
SR-17 VEHÍCULOS PESADOS A LA DERECHA 	Se requiere implementar la señal SR-17 VEHÍCULOS PESADOS A LA DERECHA de acuerdo a las condiciones y ancho de la sección transversal, teniendo en cuenta que son vías con anchos variables, con tránsito vehicular de transporte, automóvil y motos	 20 abr. 2024 12:41:59 p. m. 4°58'32.61"N -74°12'20.94"W 165' S Altitud:3154.2m Velocidad:11.5km/h Número de índice: 1516
SR-17 VEHÍCULOS PESADOS A LA DERECHA 	Se requiere implementar la señal SR-17 VEHÍCULOS PESADOS A LA DERECHA de acuerdo a las condiciones y ancho de la sección transversal, teniendo en cuenta que son vías con anchos variables, con tránsito vehicular de transporte, automóvil y motos	 20 abr. 2024 12:41:59 p. m. 4°58'32.61"N -74°12'20.94"W 165' S Altitud:3154.2m Velocidad:11.5km/h Número de índice: 1516

Fuente. La sugerencia se desarrolla con base en la investigación, el trabajo de campo y las necesidades valoradas para el servicio social de la vía

SR-01 PARE



Instalación de señal SR-01 PARE en donde se presenten intersecciones con vías principales así como vías secundarias

Tabla 2.2-1 Ubicación de señal según velocidad

Velocidad máxima vía prioritaria (km/h)	Distancia mínima de visibilidad (y) metros
> 90	Usar señal PARE SR-01
90	180
80	140
70	120
60	90
50	70



Instalación de señales Verticales Preventivas requeridas para vías terciarias

TIPO DE SEÑAL	IMPLEMENTACIÓN-SEÑAL	CASO-REGISTRO FOTOGRÁFICO
SP-01 CURVA CERRADA A LA IZQUIERDA 	Instalación de SP-01 CURVA CERRADA A LA IZQUIERDA Teniendo en cuenta las condiciones del alineamiento horizontal de la vía y la velocidad de diseño del corredor vial, Que es de 30 Km/h. Menor a 60 KM/h se requiere este tipo de señales por la condición de visibilidad del conductor y que no existe espiralización de las curvas. Se puede complementar con delineador de curva horizontal SP-75 a una velocidad máxima de 30 KM/h	 27 Jun. 2023 12:00:49 p. m. 5°1'51.528"N - 74°3'3.732"W 214° SW Vía sin nombre Zipaquirá Cundinamarca Altitud: 2637.5m Número de índice: 208
SP-02 CURVA CERRADA A LA DERECHA 	Instalación de SP-02 CURVA CERRADA A LA IZQUIERDA Teniendo en cuenta las condiciones del alineamiento horizontal de la vía y la velocidad de diseño del corredor vial que es de 30 Km/h. Menor a los 60 KM/h se requiere este tipo de señales dadas las condiciones de visibilidad del conductor y que no existe espiralización de curvas. Se puede complementar con delineador de curva horizontal SP-75 a una velocidad máxima de 30 KM/h	 Vía Varadero la Carbonera Guadalupe Cundinamarca 20 mar. 2019 10:38:50
SP-05 CURVA Y CONTRA-CURVA CERRADA PRIMERA A LA IZQUIERDA  SP-06 CURVA Y CONTRA-CURVA CERRADA PRIMERA A LA DERECHA 	Instalación de SP-05 CURVA Y CONTRA-CURVA CERRADA PRIMERA A LA IZQUIERDA y SP-06 CURVA Y CONTRA-CURVA CERRADA PRIMERA A LA DERECHA Este es un caso común en este tipo de vías por las condiciones de su alineamiento horizontal, se hace necesario la instalación de este tipo de señalización respetando las distancias requeridas de visibilidad contempladas en la norma, este tipo de señal preventiva está contemplada para un corredor vial con una velocidad de diseño <60 Km/h	 27 Jun. 2023 11:57:32 a. m. 5°1'56.358"N - 74°2'35.04"W 228° SW Pacho - Zipaquirá Zipaquirá Cundinamarca Altitud: 2960.4m Número de índice: 208

TIPO DE SEÑAL	IMPLEMENTACIÓN-SEÑAL	CASO-REGISTRO FOTOGRÁFICO																								
SP-27 PENDIENTE FUERTE DE DESCENSO 	Instalación SP-27 PENDIENTE FUERTE DE DESCENSO De acuerdo a las condiciones topográficas, a las deformaciones verticales del terreno y las pendientes pronunciadas que superan el 8% es indispensable la instalación de esta señal para ello se tiene como base la tabla 2.3-3 para pendientes fuertes del Manual de señalización del 2015, donde se ha podido evidenciar el riesgo potencial con el tránsito peatonal, Biciusuarios, Transporte de carga y automóviles. <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">2.3-3 Señalización de pendientes fuertes</th></tr> <tr> <th>Pendiente (%)</th><th>Longitud "A" (m)</th><th>Longitud "B" (m)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td><td>L ≥ 500</td><td>L ≥ 2.000</td></tr> <tr> <td>7</td><td>L ≥ 300</td><td>L ≥ 1.200</td></tr> <tr> <td>8</td><td>L ≥ 200</td><td>L ≥ 800</td></tr> <tr> <td>9</td><td>L ≥ 150</td><td>L ≥ 600</td></tr> <tr> <td>10</td><td>L ≥ 130</td><td>L ≥ 520</td></tr> <tr> <td>11 o más</td><td>L ≥ 120</td><td>L ≥ 480</td></tr> </tbody> </table>	2.3-3 Señalización de pendientes fuertes			Pendiente (%)	Longitud "A" (m)	Longitud "B" (m)	6	L ≥ 500	L ≥ 2.000	7	L ≥ 300	L ≥ 1.200	8	L ≥ 200	L ≥ 800	9	L ≥ 150	L ≥ 600	10	L ≥ 130	L ≥ 520	11 o más	L ≥ 120	L ≥ 480	 20 abr. 2024 12:21:23 p. m. 4°58'37.722"N -74°12'21.102"W 35° NE Altitud: 3160.5m Velocidad: 13.5km/h Número de Índice: 1491
2.3-3 Señalización de pendientes fuertes																										
Pendiente (%)	Longitud "A" (m)	Longitud "B" (m)																								
6	L ≥ 500	L ≥ 2.000																								
7	L ≥ 300	L ≥ 1.200																								
8	L ≥ 200	L ≥ 800																								
9	L ≥ 150	L ≥ 600																								
10	L ≥ 130	L ≥ 520																								
11 o más	L ≥ 120	L ≥ 480																								
SP-27A PENDIENTE FUERTE DE ASCENSO 	Se requiere Instalar SP-27 A PENDIENTE FUERTE DE ASCENSO de acuerdo a las condiciones topografía en contrasentido de las pendientes de los vehículos que van subiendo y de acuerdo al criterio de la tabla 2.3-3 Señalización de pendientes fuerte																									
SP-12 VÍA LATERAL IZQUIERDA o SP-13 VÍA LATERAL DERECHA 	Instalación de señal SP-12 VÍA LATERAL IZQUIERDA o SP-13 VÍA LATERAL DERECHA En algunos tramos se presentan accesos con ángulos de 90 lo cual, para este tipo de casos es este tipo de señalética	 27 jun. 2023 12:15:25 p. m. 5°15'1.042"N -74°3'4.158"W 76° E Vía sin nombre Zipaquira Cundinamarca Altitud: 2845.3m Número de Índice: 243																								
SP-45 MAQUINARIA AGRÍCOLA EN LA VÍA 	Instalación de SP-45 MAQUINARIA AGRÍCOLA EN LA VÍA Por las características de estas vías y la razón de su construcción es indispensable la instalación de este tipo de señal por la afluencia de tránsito peatonal, biciusuarios, vehículos de carga y transporte, y automóviles																									

TIPO DE SEÑAL	IMPLEMENTACIÓN SEÑAL	CASO REGISTRO FOTOGRÁFICO
SP-59 CICLISTAS EN LA VÍA 	Instalación SP-59 CICLISTAS EN LA VÍA por la afluencia demostrada en el tráfico regular de Biciusuarios se requiere la instalación de señales preventiva indicando a los conductores la presencia y circulación de ciclistas	 20 abr. 2024 12:41:48 p. m. 4°58'33.54"N - 74°12'21.456"W 140° SE Altitud: 3157.7m Velocidad: 12.1km/h Número de índice: 1516
SP-49 ANIMALES EN LA VÍA 	Instalación de SP-49 ANIMALES EN LA VÍA por condiciones de ruralidad de la vía, estas señales son fundamentales para advertir la presencia de animales domésticos, indómitos o ganado. Como complemento, para el arreo del ganado en el corredor vial y por la afluencia del tipo de vehículos (motos, bicicletas, vehículos de transporte, carga etc.) y tránsito peatonal, se debe reglamentar el uso de chalecos reflectivos para la vaquería, paleta de pare y el siga que sea advertencia para los usuarios del corredor vial	 27 jun. 2023 12:14:25 p. m. 5°1'47.43"N - 74°3'4.59"W 25° NE Altitud: 2854.0m Número de índice: 239

TIPO DE SEÑAL	IMPLEMENTACIÓN SEÑAL	CASO REGISTRO FOTOGRÁFICO
HORIZONTAL. PASO PEATONAL. CEBRA	La Norma RILSA (Reglamento Integral de Localización y Señalización de Vías) de Colombia establece que la señalización horizontal de paso peatonal debe utilizarse en todos los cruces peatonales, independientemente del tipo de vía, incluyendo las vías de placa huella	
OBRAS EN LA VÍA TP-18 	Visibilidad: La señalización horizontal es fundamental para mejorar la visibilidad de los pasos peatonales en vías de placa huella, especialmente en condiciones de poca luz o mal clima	
CIRCULACIÓN EN LOS DOS SENTIDOS. TP 25 	Dimensiones: Las dimensiones de la señalización horizontal deben ser acordes al ancho de la vía y al volumen vehicular. Materiales: La señalización horizontal debe estar fabricada con materiales resistentes a la abrasión y al desgaste por el tráfico vehicular.	

En vías de placa huella se aplica señalización horizontal de paso peatonal. La Norma RILSA (Reglamento Integral de Localización y Señalización de Vías) de Colombia establece que la señalización horizontal de paso peatonal debe utilizarse en todos los cruces peatonales, independientemente del tipo de vía, incluyendo las vías de placa huella. Debe ser visible para mejorar los pasos peatonales, especialmente en condiciones de poca luz o mal clima. La señalización horizontal alerta a los conductores sobre la presencia de peatones en el cruce, lo que les permite reducir la velocidad y tomar las precauciones necesarias para evitar accidentes. Además, sensibiliza a los usuarios de la vía sobre la importancia de respetar el derecho de paso de los peatones (BOR señalizaciones, 2021).

La señalización horizontal de paso peatonal en placa huella debe tener la forma de una "cebra", con franjas blancas y negras alternas, acordes al ancho de la vía y al volumen vehicular y debe estar fabricada con materiales resistentes a la abrasión y al desgaste por el tráfico vehicular (BOR señalizaciones, 2021)

8) Instalación de señales Verticales informativas requeridas para vías terciarias

Para señales verticales informativas la altura mínima de letras se debe adecuar con señalética en un rango menor o igual a 40 Km/h con material reflectivo TIPO IV

Tabla 31. Altura mínima de letras

Tabla 2.4-1 Altura mínima de letras para distintas velocidades máximas		
Velocidad máxima (km/h)	Altura mínima de letra (cm)	
	Señales laterales a nivel	Señales elevadas
Menor o igual a 40	7,5	15
50	12,5	20
60 o 70	15,0	25
80 o 90	20,0	35
Mayor a 90	25,0	40

Fuente. Manual de señalización (2015)

Dentro de la señalización Informativa en Vías Rurales este compuesto por señales de personalización que tiene como fin alertar la proximidad a una salida o vía en una intersección

Figura 70. Bifurcación vereda El Empalizado Zipaquirá acceso placa huella



Fuente. imagen propia

Figura 71. Señales de personalización



Fuente. Imagen propia

Tabla 32. Cuadro resumen señales que se deben colocar en cada corredor

Tipo de Señalización	Cantidad por Corredor	Distancia entre Señales	Costo Promedio por Señal \$	Costo Total Estimado \$
Señales de Advertencia	20	500 metros	\$ 100.000	\$ 2.000.000
Señales de Información	15	1 kilómetro	\$ 150.000	\$ 2.250.000
Señales de Reglamentación	10	2 kilómetros	\$ 200.000	\$ 2.000.000
Marcas Viales	50 metros lineales	10 metros	\$500/metro	\$ 25.000
Dispositivos de Seguridad	5	Puntos críticos	\$50000/unidad	\$ 25.000

Fuente. Resumen personal con base en información obtenida a lo largo del estudio

8 Análisis y discusión

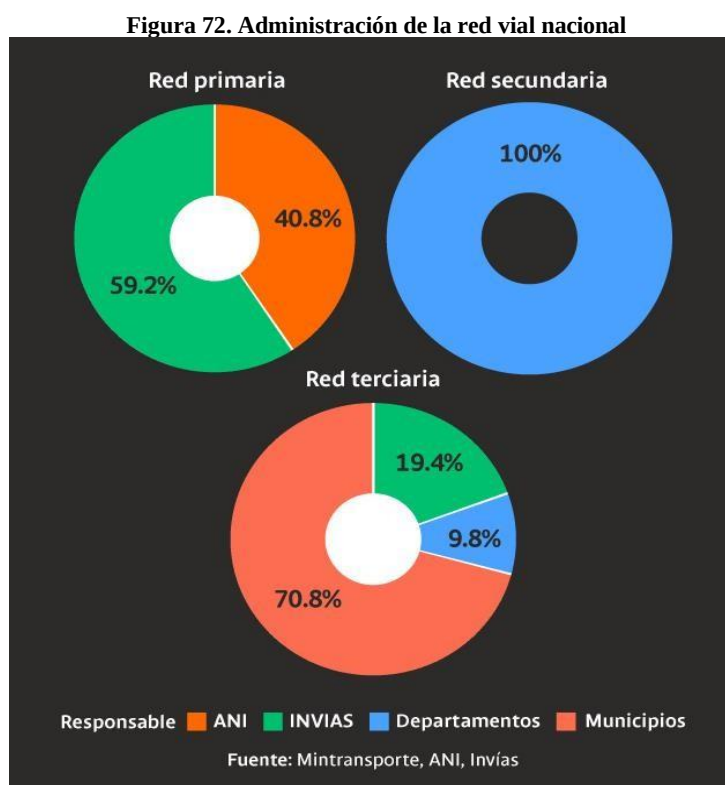
Las vías terciarias en placa huella juegan un papel fundamental en la conectividad rural, facilitando el acceso a servicios básicos, mercados y oportunidades para las comunidades. Sin embargo, la falta de señalización adecuada en estas vías puede generar riesgos para la seguridad de los usuarios, incluyendo conductores, peatones y ciclistas. Además, jurídicamente se puede argumentar un incumplimiento de derechos hacia los habitantes de los municipios de

Subachoque, Guatavita y Zipaquirá, y los usuarios de las vías. En este contexto, una señalización vial adecuada reduce el riesgo de accidentes, lo cual, a su vez, parte de tener un diseño geométrico de las carreteras que sea ceñido a los criterios, normas y procedimientos de ingeniería (Cepeda, 2019). No se puede olvidar que el estado y la cobertura de la infraestructura de transporte de un país son indicadores para evaluar su desarrollo económico.

En el caso de Colombia, el 75% de la carga se transporta por vía terrestre, la eficiencia de la red vial se convierte en un factor determinante para el crecimiento económico. Sin embargo, el país se ubica en el puesto 59 del índice de competitividad Doing Business, mientras que, en cuanto a infraestructura de transporte, ocupa el puesto 110 de 137 en el índice de competitividad mundial (ICG) (Cepeda, 2019). Esto significa que mejorar la calidad y cobertura en infraestructura de transporte es definitivo para impulsar el crecimiento económico, la generación de empleo y la competitividad. Como las vías regionales cumplen la función de dinamizar las actividades agrícolas, mineras y de turismo, se puede decir que son vitales para el desarrollo rural, y a su vez, son motor para la reducción de la pobreza (BID, 2023).

Por estas razones, debe coexistir apoyo y coordinación entre todos los niveles de gobierno y fuentes de recursos estables como impuestos a los combustibles y la tributación de los entes municipales desde los avalúos catastrales y los impuestos prediales (Banco Mundial, 2023). Hasta el año 2021, la red nacional de vías era un 69,2% de vías terciarias, un 21.9% de vías secundarias y un 8,9% de vías primarias (Fondo Mundial para la Seguridad Vial, 2021), por lo cual, 142.284 km eran red terciaria (71 %) administrada por los municipios y que soportan flujos de camiones de carga considerables, aunque la mayoría son vías destapadas. Esta red es la más extensa del país porque se encuentra en lugares remotos, son caminos vecinales y vías privadas (Arias, 2023). El documento CONPES 3480 de 2007, en el que se adopta la política de

mejoramiento vial, y el CONPES 3857 de 2016 que formula los lineamientos para la gestión de la red vial terciaria, han sido poco eficientes, porque no se han priorizado vías para su mejora. Sólo están en algunos programas las que han sido rescatas por el gobierno de la mano de corruptos.



Fuente. Información tomada de Bancolombia (2022)

Según Fedesarrollo, existe una relación directa entre pobreza, ruralidad y aislamiento geográfico, por lo cual, se deben mejorar las vías terciarias que dan oportunidad de mejora en la calidad de vida de los campesinos y se aumenta el desarrollo económico y social de millones de personas, porque se facilita la comercialización de productos a precios competitivos en el mercado. Una acción importante es tener el inventario nacional y el estado actual de las vías terciarias para gestionar recursos que se apliquen a zonas de mayor necesidad y potencial, entendiendo que la red terciaria es pilar de enlace entre comunidades aisladas y los centros urbanos, permitiendo al gobierno llegar a lugares donde no hay mucha presencia del Estado,

fruto de la centralización de la gestión. La señalización adecuada de las vías terciarias en placa huella es una inversión fundamental para la seguridad vial y la movilidad segura de todos los usuarios.

Es necesario implementar una metodología integral que considere el diagnóstico de la vía, el diseño del plan de señalización, la implementación, el mantenimiento y el seguimiento. La participación de la comunidad y el cumplimiento de las normativas vigentes son aspectos clave para el éxito de esta estrategia. El estudio ha proporcionado información valiosa sobre la situación actual de las vías terciarias en Colombia, las necesidades de señalización y las medidas que se pueden tomar para mejorar la seguridad vial. Cuando se habla de necesidad se enfatiza en que es urgente una señalización adecuada en las vías terciarias en placa huella, especialmente en lo que respecta a señales de advertencia, información y reglamentación.

Los factores que contribuyen a la siniestralidad en las regiones son la falta de señalización, el exceso de velocidad, la conducción bajo la influencia de sustancias psicoactivas, las distracciones al volante y las condiciones precarias de la vía, por lo cual, se debe contar con decisiones políticas y administrativas que eviten esta clase de problemas, de este razonamiento surge la importancia de la participación comunitaria en el proceso de señalización porque es una forma rápida de identificar las necesidades específicas de cada zona y garantizar la sostenibilidad de las intervenciones. De igual manera, las autoridades locales y nacionales tienen un papel decisivo que consiste en impulsar la señalización de las vías terciarias en placa huella, desde la definición de normativas hasta la asignación de recursos y el apoyo técnico para apalancar el desarrollo en las zonas rurales. Los resultados del estudio plantean importantes retos y oportunidades para mejorar la seguridad vial en las vías terciarias en placa huella en Colombia.

A manera de oportunidades se puede asegurar que el usar las nuevas tecnologías para mejorar la señalización (señales luminosas, retroreflectantes) es un buen paso en el desarrollo de las vías terciarias, se deben implementar programas de educación vial integrales y permanentes a menores estudiantes y a personas adultas que quieran o necesiten mejorar este aspecto de su vida. Se debe promover el desarrollo de empresas locales para la producción y el mantenimiento de la señalización.

9 Conclusiones

La señalización adecuada en las vías terciarias en placa huella es crucial para la seguridad vial, el desarrollo económico y el bienestar de las comunidades rurales. La falta de señalización adecuada en estas vías aumenta el riesgo de accidentes de tránsito, poniendo en peligro la vida de conductores, peatones y ciclistas. Un sistema de señalización efectivo puede contribuir a mejorar la fluidez del tráfico, reducir los tiempos de viaje y facilitar el acceso a servicios básicos y oportunidades económicas. De igual manera, la señalización adecuada también puede contribuir a la protección del medio ambiente al reducir las emisiones de gases contaminantes y el consumo de combustible.

Dentro del estudio, se identificaron una serie de necesidades urgentes en materia de señalización en las vías terciarias en placa huella de Colombia. Se requiere una mayor cantidad de señales de advertencia, información y reglamentación en estas vías. Las señales existentes deben ser revisadas y mantenidas periódicamente para garantizar su buen estado y visibilidad. Es necesario implementar medidas adicionales para reducir la velocidad excesiva, la conducción bajo la influencia de sustancias psicoactivas y las distracciones al volante. Se debe mejorar el estado de las vías terciarias en placa huella, incluyendo pavimentación, bacheo y mantenimiento general. La participación de la comunidad es fundamental para el éxito de cualquier estrategia de

señalización en vías terciarias en placa huella. Las comunidades locales conocen las necesidades específicas de sus vías y pueden aportar información valiosa para el diseño e implementación de un sistema de señalización efectivo. También puede contribuir a la sostenibilidad de las intervenciones, ya que los miembros de la comunidad pueden ser responsables del mantenimiento de las señales y la promoción de comportamientos seguros en la vía.

Las autoridades locales y nacionales tienen un rol importante, las autoridades locales deben realizar diagnósticos de necesidades, implementar y mantener la señalización, y promover la educación vial en sus comunidades, y las autoridades nacionales deben definir normativas, asignar recursos, brindar apoyo técnico y facilitar la coordinación entre las diferentes entidades responsables que aunque en Colombia existen muchas, ninguna de ella hace referencia directa a la señalización de las vías terciarias. Este es un compromiso a largo plazo de todos los actores involucrados. En este contexto, es importante destacar que el desarrollo del trabajo partió del diagnóstico de la vía existente, ya que es transitada por camiones de carga que sacan los productos y llevan insumos, los cuales, han padecido hundimientos, baches, grietas y ondulaciones.

De otra parte, el aforo vehicular realizado de forma práctica muestra un tránsito promedio diario de vehículos mixtos/día que es considerable. Un concepto que el INVÍAS califica como medio. Esta observación dejó claro que las afectaciones de la vía son por el constante desplazamiento de vehículos y por fenómenos naturales asociados a la agricultura que sube el nivel freático y satura el suelo produciendo inestabilidad (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2020). Con la caracterización de la vía, en el desarrollo del trabajo de campo, se encontró que el borde existente, la cuneta, las entradas, cerramientos, postes y árboles pertenecen a un diseño

geométrico de elementos de curvas de nivel con soporte aceptable para lo exigido por la Guía de Diseño de Pavimentos de Placa-huella.

De forma general, se reconoce que las vías terciarias cumplen un papel importante para la economía nacional y regional, por esta razón, al realizar la adecuación de muchos kilómetros viales con placa-huella, no solo potencia la economía local, sino que tiene impacto nacional por la cobertura de vías transitables que mejoran los tiempos de desplazamiento. Además, esto genera mejores oportunidades para las comunidades, ya que muchas de ellas fueron afectadas por la violencia y el conflicto interno que ha padecido Colombia. Desde la normatividad vigente, se puede decir que faltan documentos técnicos y la actualización de muchos para que se regule de forma asertiva los diseños geométricos de estas vías, que garantice seguridad en el trazado porque en Colombia la mayoría de las vías terciarias son de espacio es corto y difícil de transitar. Según el Manual de Diseño Geométrico, el peralte máximo para estas vías debe ser el 6% (INVIAS, 2008).

De igual manera, la recomendación es de señales verticales de 75 cm en las vías terciarias para garantizar visibilidad a distancia mayor, sobre todo en la noche, porque la vegetación influye negativamente, y tableros con lámina retroreflectivos IX o superior. Las señales verticales con aislamiento de paral y el tablero para cualquier situación de riesgo por colisión. Para que la velocidad de diseño no se sobrepase, se recomiendan resaltos parabólicos, contruados en concreto hidráulico para zonas en tangente con pendiente mayor al 8%, siempre acompañados de señales tipo SP-25 y SP-25^a (INVIAS, 2008). Pintura de tipo plástica en frío con antideslizante para demarcar zonas escolares o peatonales. La pintura debe cumplir especificaciones técnicas como la INVIAS INV 700-13 (retroreflectividad) (INV, 2022).

10 Bibliografía

- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2020). *Guía Técnica de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial para Colombia*. Bogotá: ANSV.
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2023). *Boletín estadístico Nacional: Fallecidos y lesionados.2023*. Bogotá: ANSV.
- Alcaldía Municipal. (2023). *Plan municipal para la gestión del riesgo de desastres 2019-2023*. Zipaquirá: Alcaldía Municipal.
- Aluana. (5 de mayo de 2015). *Matriz de Haddon. Factores que influyen*. Obtenido de aluanatráfico y seguridadvial.com:
<http://aluanatraficoysseguridadvial.blogspot.com/2015/05/matriz-de-haddon-factoresque-influyen.html>
- ANIF. (2017). *Resultados de competitividad global*. Colombia: Centro de estudios económicos. Obtenido de Resultados del informe de competitividad global.
- Arellano, D. F. (2015). *Rehabilitación de vías terciarias con el sistema de placa huella*. Bogotá: Ingeurbe S.A.S.
- Arias, O. (2023). *Análisis de la capacidad y el nivel de servicio de la doble calzada Buga-Tuluá-La Paila-La Victoria aplicando el manual para vías multicarril del Invias 2022*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Banco Mundial. (2023). *Impacto de las nuevas tecnologías en la seguridad vial*.
<https://gemini.google.com/app/c4096be08c9e967c>: BM.
- BID. (2023). *Evaluación de impacto*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.
- BOR señalizaciones. (2021). *Señales verticales de circulación*. <https://bor.es/productos/senales-verticales-de-circulacion/>: BOR señalizaciones y complementos.
- Caro, F. (2021). *Estudio de factibilidad para la semaforización en la carrera 73A por calle 52, en el barrio Normandía en la ciudad de Bogotá D.C*. Pereira: Universidad Libre.
- Caro, S., & Caicedo, B. (2017). *Tecnologías para Vías Terciarias: Perspectivas y Experiencias desde la Academia*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Carrascal Romero & Vega Paredes. (2016). *Proceso constructivo y presupuesto para un kilometro de Placa Huella en la via Acolsure-Buenavista Km2*. Francisco de Paula Santander.
- Carvajal, D. C. (2019). *Formulacion del diseño geometrico y uso de placa huella para la via alterna entre los municipios de la Mesa y Tena*. Bogota: Universidad Santo Tomas.

- Castro, L., & Sabogal, D. (2018). *Pre-diseño estructural de placa huella y obras de arte para la vía terciaria entre Fómeque y la vereda Lavadero*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- CEMEX. (2023). *La solución que lanzó Cemex para recuperar las vías con los comunales*. Tunja: Prensa.
- Cepeda, G. A. (2019). *Lineamientos de seguridad vial para vías terciarias en placa huella incorporando el diseño geométrico, señalización y sistemas de contención lateral*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Chavarro, W., & Molina, C. (2015). *Evaluación de alternativas de pavimentación para vías de bajos volúmenes de tránsito*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Consejo de Estado. (2022). *Contratación estatal*. Bogotá: Imprenta Nacional.
- Contreras, F., & Muñoz, J. (2015). *Placa huellas para red terciaria un acercamiento para el diseño y construcción*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Convenio ICCU 075. (2018). *Mejoramiento vías terciarias mediante uso de placa huella en la vereda Carbonera Alta y Carbonera Baja. Municipio de Guatavita*. Guatavita: Alcaldía del municipio de Guatavita.
- Correa, D., & Suarez, T. (2019). *Formulación del diseño geométrico y uso de placa-huella para la vía alterna entre los municipios de la Mesa y Tena Cundinamarca*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Proyectos Tipo. Soluciones ágiles para un nuevo país. Mejoramiento de vías terciarias mediante el uso de placa huella*. Bogotá: DNP.
- Empresas Públicas de Medellín. (2018). *Norma de Construcción*. Medellín, Colombia: EPM.
- Fernández, A., & Hernández, H. (2019). Estudio de la movilidad peatonal en un centro urbano: un caso en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, vol. 1, núm. 62, 267-300.
- FIA. (2011). *Manual de seguridad vial. Federación Internacional de Automovilismo*. New York: ONU.
- Findeter. (2023). *Inversión en vías secundarias y terciarias en Colombia*. Oficina de prensa.
- Fondo Mundial para la Seguridad Vial. (2021). *Guía para intervenciones de seguridad vial: evidencia de lo que funciona y lo que no funciona*. Washington DC: Banco Mundial.
- Gobernación de Córdoba. (2022). *Recuperación de vías terciarias rurales*. Montería: Infobae.
- Hernández, et al. (2014). *Metodología de la Investigación (Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos & Baptista Lucio, Pilar)*. Toronto: Mc Graw Hill.

- INV. (2022). *Manual de señalización vial de Colombia*. Bogotá: Instituto Nacional de Vías.
- INVIAS. (2008). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. En INVIAS, *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras* (págs. 1-170). Bogotá -Colombia: DNP.
- INVIAS. (2015). Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella. En I.-M. D. TRANSPORTES, *Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella* (págs. 2-31). Bogotá.
- Lavadero de Castro Guevara & Sabogal Rojas. (2018). *Prediseño estructural de placa huella y obras de arte en la via terciaria entre Fomeque y la vereda el Lavadero*. Universidad Francisco Jose de Caldas.
- Londoño, C., & Álvarez, J. (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajo, medio y alto volumen de tránsito*. Medellín: INVIAS; Ministerio de Tránsito.
- Ministerio de Tránsito y Transporte. (1998). *Manual para estudios de origen y destino de transporte de pasajeros y mixto en las áreas, municipales, distritales y nacionales*. Bogotá: Gobierno Nacional.
- Ministerio de transporte. (2004). *Resolución 4100*. Bogotá: MinTransporte.
- Ministerio de Transporte. (2008). *Manual de diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: MinTransporte.
- Ministerio de Transporte. (2015). *Manual de Señalización Vial*. Bogotá: Gobierno Nacional.
- Ministerio de transporte. (2015). *Norma RILSA*. Bogotá: Gobierno Nacional.
- Ministerio de Transporte. (2023). *Estudio sobre vías secundaria, terciarias, y veredales de Colombia*. Bogotá: MinTransporte.
- Montoro, L. (2020). La percepción de la seguridad y la percepción del riesgo en el tráfico. Modelos cognitivos motivacionales. *Catedrático de Seguridad Vial Director del Instituto Universitario de Tráfico y Seguridad Vial (INTRAS) Universitat de València*, 1-22.
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial. (2023). *Índice de fatalidad municipal*. Bogotá: Gobierno Nacional.
- Ocampo, G., & Cepeda, A. (2019). *Lineamientos de seguridad vial para vias terciarias en placa huella incorporando el diseño geometrico, señalizacion y sistemas de contencion lateral*. Bogota: Escuela de colombiana de ingenieria Julio Garavito.
- OMS. (2023). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

- ONU. (11 de Enero de 2011). *Decenio de acción para la seguridad vial 2011-2020*. Obtenido de Decenio de acción para la seguridad vial 2011-2020.: http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/es/.
- Orobio, A., & Orobio, J. C. (2021). *Pavimentos con placa-huella de concreto simple: Análisis con elementos finitos 3D*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Ortega, C. (2022). Muestreo no probabilístico: definición, tipos y ejemplos. *QuestiónPro*, 2-4.
- Plata, L., & Mejía, J. (2022). *Diagnóstico para el mejoramiento de la vía terciaria que conecta a la vereda la Sarahita con el municipio de Villanueva en el departamento de la Guajira*. Riohacha: Universidad de la Guajira.
- Posada, J., González, C., & Farbiarz, V. (2022). *La política del diseño geométrico en el diseño colombiano*. Medellín Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ramírez, X. (2016). *Análisis de la demanda actual y demanda futura de estacionamientos públicos considerando la oferta actual de estacionamientos públicos, el flujo vehicular y la capacidad vial de la avenida la cultura en el tramo comprendido entre el paradero Prado y Marca*. Cusco, Ecuador: Universidad Andina de Cusco.
- Rueda, Y. (2018). *Pre-diseño estructural de placa huella y obras de arte para la vía terciaria entre Fómeque y la vereda Lavadero*. Bogotá: Universidad Santo Tomás .
- Sánchez, et al. (2018). *Pre-diseño estructural de placa huella y obras de arte para la vía terciaria entre Fómeque y la vereda Lavadero (Sánchez Durán, Juan Miguel; Castro Guevara, Linda Yined; Sabogal Rojas, Deisy)*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Sánchez, O. (2020). *Propuesta de modelo para prevención en seguridad vial para disminuir el alto índice de accidentalidad peatonal en la ciudad de Bogotá, D.C*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2023). *Anuario de Siniestralidad Vial de Bogotá 2022*. Bogotá: SDM.
- SENA. (2023). *Fondo Emprender*. Bogotá: Servicio Nacional de Aprendizaje .
- Strauss, A., & Corbin, J. (1990). *Conceptos básicos de la investigación cualitativa: Procedimientos y técnicas de la teoría fundamentada*. <https://psycnet.apa.org/record/1990-98829-000>: Publicaciones sabias, Inc.
- Yepes, T. (2013). *Cuadernos fedesarrollo*. Bogotá: Infraestructura de transporte en Colombia.
- Zamora, N., & Barrera, O. (2012). *Diagnóstico de la infraestructura vial en Colombia*. Universidad EAN, 156.

ANEXOS

FORMULARIO- ENCUESTA

Propuesta metodológica para señalización de placa huella en vías terciarias. Caso Subachoque - Guatavita – Zipaquirá

La presente encuesta corresponde a un estudio académico, sobre el tema descrito en el título, para la Universidad Santo Tomás, facultad de Ingeniería Civil. El investigador agradece su colaboración y tiempo destinado para su diligenciamiento, ya que el propósito de la investigación es aportar a la sociedad y cumplir con los requisitos académicos para alcanzar el título de magister en infraestructura vial. Son preguntas fáciles de resolver con el objetivo de obtener una comprensión integral del tema. Los datos que se recopilan son generales y únicamente se usan para el análisis académico del tema. Si usted está de acuerdo continúe con ella.

Preguntas para autoridades. Si usted no es parte de este grupo, por favor, absténgase de contestar

I. Bases preliminares del estudio:

1. ¿Cuál es la cantidad total de población de los municipios de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá?

2. ¿Cuántos de estos habitantes utilizan regularmente las vías terciarias como peatones, ciclistas o conductores?

3. ¿Qué tipo de vehículo transita por el corredor vial? (Automóvil, motocicleta, bicicleta, otro)

- Automóvil
- Camión
- Bicicleta
- Motocicleta
- Otro _____

4. ¿Cuántos accidentes de tránsito ha tenido conocimiento en el último año (entre marzo de 2023 y marzo de 2024) en las vías terciarias de Subachoque - Guatavita - Zipaquirá?

- Ninguno
- Entre uno y tres
- Entre cuatro y seis
- Entre siete y diez
- Más de diez

5. ¿Cuál es la causa más común de estos accidentes?

- Exceso de velocidad
 - No respetar las señales de tránsito
 - Conducir bajo la influencia del alcohol o las drogas
 - Distracciones al volante (celular, hablar con pasajeros, comer, etc.)
 - Fatiga
 - Condiciones climáticas adversas
 - Mal estado de la vía
 - Defectos mecánicos del vehículo
 - Imprudencia peatonal
 - Imprudencia ciclista
 - Otros (especificar)
-
-

6. ¿Con qué frecuencia transita por el corredor vial Subachoque - Guatavita - Zipaquirá?

- Diario
- Una vez por semana
- Dos veces por semana
- Tres veces por semana
- Más de cuatro veces por semana

7. ¿Ha experimentado algún problema de accesibilidad en las vías terciarias debido a la señalización de placa huella?

- SÍ
- NO

¿Cuál?

II. Señalización Actual:

8. ¿Cuál es su opinión sobre la eficacia de la señalización actual en las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá?

- Excelente, es clara, completa y visible. Cumple con todas las normas y estándares
- Buena, hay áreas donde se puede mejorar, como la falta de señales en algunos puntos o la presencia de señales deterioradas.
- Regular, la actual es suficiente para la mayoría de los conductores, pero hay algunas deficiencias que pueden afectar la seguridad vial, como la falta de señales de advertencia o la presencia de señales confusas.
- Mala, la señalización actual es deficiente y representa un riesgo para la seguridad vial. Hay muchas señales que faltan, están deterioradas o son confusas.

9. ¿En general, cómo califica la señalización en las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá?

- Excelente
- Buena
- Regular
- Mala
- Pésima

10. ¿Qué cambios debe hacerse en la señalización de las vías terciarias para mejorar la seguridad y la movilidad?

- Instalar más señales
- Mejorar la visibilidad de las señales
- Simplificar las señales
- Eliminar las señales innecesarias
- Instalar señales de advertencia
- Instalar señales de información
- Implementar un sistema de señalización inteligente
- Educar a los conductores sobre la señalización

III. Uso de Placa Huella (pregunta para profesionales y trabajadores)

11. ¿Cuál es su experiencia con el uso de placa huella en otras regiones del país?

- Poca (Menos de un proyecto)
- Alguna (Dos proyectos)
- Mucha (Más de 10 proyectos)
- Extensa (Siempre he trabajado con ella)

12. ¿Cómo calificaría el uso de placa huella en las vías terciarias del país según su experiencia?

- Aceptable
- Bueno
- Excelente
- Muy bueno

¿Por qué?

13. ¿Cómo beneficia la placa huella a las vías terciarias de Subachoque – Guatavita – Zipaquirá?

- Disminuye la accidentalidad
- Mejora el nivel de vida de las comunidades
- Aumenta el flujo vehicular

- Mejora el transporte para residentes y turistas
- Impacta la economía de la zona
- Nada, todo continuaría igual

14. ¿Cómo calificaría su nivel de satisfacción con la obra de señalización de placa huella en las vías terciarias?

- Muy satisfecho
- Satisfecho
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

¿Por qué?

15. ¿Ha notado una mejora en la seguridad de las vías terciarias desde la implementación de la señalización placa de huella?

- Sí
- NO

¿Cuál?

16. ¿En el trabajo de actual desarrollo de las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá, ha visto señales en la placa huella?

- SÍ
- NO

¿Cuáles?

17. ¿Ha tenido dificultades para entender las señales de placa huella de las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá?

- SÍ
- NO

¿Cuál?

18. ¿Qué tan visible es la señalización en las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá?

- Muy visible

- Visible
- Poco visible
- No visible

19. ¿Qué tan comprensible es la información que presenta esa señalización?

- Muy comprensible
- Comprensible
- Poco comprensible
- No comprensible

20. ¿Considera que la señalización actual es suficiente para garantizar una conducción segura?

- Sí
- NO

21. ¿Tiene alguna sugerencia para mejorar la señalización de placa huella en las vías terciarias de Subachoque - Guatavita – Zipaquirá?

22. ¿Qué aspectos de la señalización actual le parecen positivos?

- Claridad
- Visibilidad
- Completitud
- Estado
- Adecuación
- Modernidad
- Uniformidad
- Eficacia

23. ¿Qué tipo de señales considera que son más importantes en el corredor vial?

- Señales preventivas
- Señales reglamentarias
- Señales informativas

24. ¿Qué tan comprensible es la información que presenta la señalización para peatones/ciclistas?

- Muy comprensible
- Comprensible
- Poco comprensible
- No comprensible

Agradezco a todos los participantes por su tiempo y contribución a este estudio académico. Sus respuestas se tratarán de manera confidencial y no se divulgarán datos personales.

Link de ingreso Drive anexos

[Propuesta metodológica para señalización de placa huella en vías terciarias. Caso Subachoque - Guatavita – Zipaquirá](#)

https://usantotomaseduco-my.sharepoint.com/:p:/r/personal/javierpaez_usantotomas_edu_co/Documents/Plantilla%20de%20Power%20Point%20Santoto%20Bogot%C3%A1%202023-SUSTENTACION.pptx?d=wc98b6c2ff49b4e4da2da7b0cfa2396db&csf=1&web=1

Link de Ingreso de Encuestas

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSehRKcte1LbRlMYy4Rf5vK4R6JSWSpssqW4qvKpkSwZ2N5v2A/viewform>

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfyD3yauTbfvV8FDSXURIASATFxbzgmRqOiXuldiX1XZ2OxA/viewform>

No olvide dar clic en enviar

Gracias