



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Movilidad segura: Análisis y modelación del cambio de sentido vial tramo de la
carrera 107B, comprendido entre la intersección de la carrera 107 y la calle 48B en
Medellín.**

Angie Daniela Hoyos Sandoval

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniera Urbanista

Modalidad de Práctica

Semestre de Industria o Práctica Empresarial

Asesores

Ingeniero Vladimir Alejandro Bedoya Tejada

Profesora Claudia Marcela Aldana Ramírez

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Urbana

El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia

2026



Cita

(Hoyos Sandoval, 2026)

Referencia

Estilo APA 7 (2020)

Hoyos Sandoval, A. (225). *Movilidad segura: Análisis y modelación del cambio de sentido vial tramo de la carrera 107B, comprendido entre la intersección de la carrera 107 y la calle 48B en Medellín*. [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, El Carmen de Viboral, Colombia.



Biblioteca Seccional Oriente (El Carmen de Viboral)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

A mi familia, mi pilar y fuente inagotable de apoyo y amor.

A mi alma mater, por brindarme las herramientas y los conocimientos que han forjado mi crecimiento académico y profesional.

A mis profesores, por su orientación, compromiso y vocación, que dejaron una huella imborrable en mi formación.

Y a mis amigos, por acompañarme en este camino, por su ánimo permanente y por convertirse en parte fundamental de este proceso.

Tabla de contenido

Resumen	11
Abstract.....	12
Introducción.....	13
1. Objetivos.....	14
1.1 Objetivo general	14
1.2 Objetivos específicos.....	14
2. Marco teórico.....	15
2.1 Movilidad urbana y problemática del transporte	15
2.2 Simulación del tráfico como herramienta de análisis	15
2.3 Tipos de modelos de simulación	15
2.4 Importancia de la calibración en los modelos de tráfico	16
2.5 Modelos microscópicos en el análisis del tráfico	17
2.6 Software PTV Vissim como herramienta de microsimulación.....	17
2.7 Funcionamiento general del software Vissim	18
2.8 Componentes del modelo de simulación	18
2.9 Elementos de entrada del modelo.....	19
3. Metodología.....	20
3.1 Fases	20
3.1.1 Fase 1: Diagnostico del tramo de estudio.....	20
3.1.2 Fase 2: Recolección y análisis de información operacional del tramo.....	21
3.1.3 Fase 3: Modelación de escenarios en PTV Vissim	22
3.1.4 Fase 4: Evaluación de resultados y formulación de recomendaciones.....	22
3.2 Cronograma de Actividades	23

3.3 Resultados esperados	23
4. Diagnostico	24
4.1 Antecedentes	24
4.2 Contexto general del área de estudio	28
4.2.1 Tramo de análisis	28
4.2.2 Descripción general de la Comuna 13 – San Javier	29
4.3 Diagnóstico urbano.....	31
4.3.1 Morfología urbana.....	32
4.3.2 Usos del suelo	32
4.3.3 Tipología de las vías.....	33
4.3.4 Sentidos viales.....	34
4.3.5 Análisis de fachadas, retiros, alturas y relación con el espacio público.....	35
4.4 Diagnóstico de movilidad.....	36
4.4.1 Modos de transporte presentes	36
4.4.2 Maniobras vehiculares.....	36
4.4.3 Identificación de conflictos viales y puntos críticos.	37
4.4.4 Caracterización física y geométrica del tramo	38
4.4.4.1 Sección transversal y pendientes longitudinales.....	38
4.4.4.2 Curvaturas y radios.....	40
4.4.4.3 Estado superficie de rodadura.....	40
4.4.5 Seguridad vial y antecedentes de siniestros	40
4.5 Problemáticas identificadas	41
4.6 Conclusiones del diagnóstico	44
5. Formulación.....	45

5.1 Alternativas de accesibilidad	45
5.2 Conteo vehicular	49
5.3 Escenarios de Simulación	52
5.3.1 Asignación de las áreas de conflicto y prioridades	55
5.3.2 Áreas con velocidad reducida:	56
5.3.3 Entradas vehiculares y asignación de rutas	57
5.3.4 Evaluación	58
6. Resultados	59
6.1 Resultados escenario base	59
6.1.1 Volumen vehicular	60
6.1.2 Tiempos de viaje	61
6.2 Escenario Propuesto	61
6.2.1 Resultados escenario propuesto	63
6.2.2 Volumen vehicular	63
6.2.3 Tiempos de viaje	64
6.3 Análisis comparativo de escenarios	65
7. Análisis de resultados	66
8. Conclusiones y consideraciones	68
Referencias	69

Lista de tablas

Tabla 1. Cronograma de actividades proyecto	23
Tabla 2. Características tramo de análisis.....	39
Tabla 3. Siniestros por tipo y gravedad	40
Tabla 4. Problemáticas asociadas al tramo de análisis	42
Tabla 5. Modelos 3D tipología vehicular.	53
Tabla 6. Resultados GEH para nodo de evaluación.....	60
Tabla 7. Volumen vehicular escenario 1.	64
Tabla 8. Análisis comparativo entre escenario base y escenario propuesto.	65

Lista de figuras

Figura 1. Registro fotográfico siniestros viales en tramo de estudio.....	24
Figura 2. Registro fotográfico siniestros viales en tramo de estudio.....	25
Figura 3. Registro fotográfico siniestros viales en tramo de estudio.....	26
Figura 4. Registro fotográfico siniestros viales en tramo de estudio.....	27
Figura 5. Localización tramo de análisis	28
Figura 6. Localización general tramo de análisis	31
Figura 7. Usos del suelo tramo de análisis	32
Figura 8. Jerarquía vial tramo de análisis	34
Figura 9. Sentidos viales tramo de análisis	35
Figura 10. Maniobras vehiculares tramo de análisis	37
Figura 11. Conflictos viales tramo de análisis.....	37
Figura 12. Pendiente logitudinal tramo de análisis	39
Figura 13. Alternativas de accesos	45
Figura 14. Tiempo de viaje ruta 1	46
Figura 15. Tiempo de viaje ruta 2.	47
Figura 16. Tráfico típico AM	48
Figura 17. Trafico típico PM.....	48
Figura 18. Carga vehicular Cra 107Bx Cll 48B	49
Figura 19. Volumen por maniobra HDMD.....	51
Figura 20. Partición modal carrera 107B.....	51
Figura 21. Trazado zona de estudio.....	53
Figura 22. Velocidad deseada para cada tipología vehicular.	54

Figura 23. Prelación áreas de conflictos.....	55
Figura 24. Áreas de velocidad reducida.....	56
Figura 25. Entradas vehiculares.....	57
Figura 26. Asignación de rutas.....	57
Figura 27. Nodo de evaluación.....	58
Figura 28. Densidades vehiculares escenario base.....	59
Figura 29. Resultados para el nodo de evaluación.....	59
Figura 30. Resultados tiempos de viaje.....	61
Figura 31. Escenario propuesto.....	61
Figura 32. Puntos de conflicto escenario propuesto.....	62
Figura 33. Densidad vehicular escenario propuesto.....	63
Figura 34. Resultados nodo de evaluación escenario propuesto.....	64
Figura 35. Resultados tiempos de viaje escenario propuesto.....	65

Siglas, acrónimos y abreviaturas

HDMD	Hora de Máxima Demanda
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
PTV	Planung Transport Verkehr
Vissim	Verkehr In Städten SIMulation

Resumen

El presente trabajo aborda el estudio de movilidad del tramo vial de la carrera 107B, comprendido entre la intersección con la carrera 107 y la calle 48B, en un sector de la ciudad de Medellín, donde las condiciones de pendiente pronunciada han generado riesgos para la seguridad vial y la ocurrencia de eventos de siniestralidad. El análisis surge a partir de un derecho de petición presentado por la ciudadanía, lo cual resalta la importancia de la participación ciudadana como un mecanismo articulador para la construcción de una movilidad más segura y eficiente. Los resultados esperados buscan aportar al fortalecimiento de la seguridad vial y a la garantía del derecho a una movilidad segura y eficiente, contribuyendo a la toma de decisiones informadas por parte de la Secretaría de Movilidad de Medellín, en el marco de su función como garante del interés público.

Palabras clave: estudio de movilidad, seguridad vial, función pública.

Abstract

This study addresses the mobility analysis of the road segment along Carrera 107B, located at the intersection between Carrera 107 and Calle 48B, in a sector of Medellín, where steep slope conditions have generated road safety risks and traffic incidents. The analysis arises from a citizen petition, highlighting the importance of citizen participation as a key element in promoting safe and efficient mobility. The expected results aim to contribute to the strengthening of road safety and to the consolidation of the right to safe and efficient mobility, thereby supporting informed decision-making by the Medellín Secretariat of Mobility within the framework of its role as a guarantor of the public interest.

Keywords: mobility study, road safety, public function.

Introducción

La movilidad segura constituye un derecho fundamental de los ciudadanos y un compromiso esencial de las administraciones públicas para garantizar el bienestar colectivo en el espacio urbano¹. A nivel local, en Medellín, la Secretaría de Movilidad de Medellín actúa como autoridad competente en materia vial, con facultades para diseñar, implementar y evaluar políticas locales de tránsito, movilidad, seguridad vial y accesibilidad², lo que hace necesario fortalecer los análisis técnicos que respalden la toma de decisiones frente a problemáticas del territorio.

El presente proyecto tiene como propósito apoyar a la Subsecretaría Técnica³ en el análisis de problemáticas viales reportadas por la ciudadanía, a partir del estudio de un caso derivado de un derecho de petición que solicita el cambio de sentido vial en un tramo del barrio Antonio Nariño de la ciudad de Medellín, caracterizado por alta pendiente y la ocurrencia de siniestros de volcamiento vehicular. Por consiguiente, el proyecto busca contribuir a la generación de un insumo técnico que respalde la toma de decisiones institucionales frente a dicha problemática.

Para el desarrollo del estudio, se emplea una metodología que incluye el diagnóstico y caracterización del tramo vial, la revisión y análisis de la información disponible y la modelación de escenarios de movilidad mediante el software PTV Vissim, con el fin de evaluar alternativas y proponer medidas orientadas a garantizar condiciones de movilidad más seguras.

¹ En Colombia, la Constitución Política de 1991 reconoce en su artículo 24 el derecho a circular libremente por el territorio nacional, mientras que la Ley 769 de 2002 – Código Nacional de Tránsito establece la obligación de las autoridades de tránsito de regular, vigilar y garantizar la seguridad vial en el uso de las vías públicas.

² De acuerdo con los artículos 303 y 304 del Decreto Municipal 883 de 2015, la Secretaría de Movilidad de Medellín tiene la competencia para diseñar, implementar, ejecutar y evaluar políticas, planes, programas y proyectos en materia de tránsito y transporte, orientadas a mejorar la movilidad en condiciones de seguridad, comodidad, sostenibilidad y accesibilidad.

³ El artículo 307 del Decreto Municipal 883 de 2015, en los numerales 11 y 12, asigna a la Subsecretaría Técnica la responsabilidad de liderar los análisis, evaluar la información reportada y capturada desde la plataforma tecnológica, para el planeamiento, y elaboración de propuestas de mejoramiento además de liderar las investigaciones y estudios necesarios para determinar la viabilidad de implementación de medidas para mejorar la movilidad.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Analizar la viabilidad del cambio de sentido vial en el tramo de la carrera 107B, entre la calle 45B y la calle 48B, en la ciudad de Medellín, mediante un estudio técnico basado en la modelación de escenarios de movilidad en el software PTV Vissim, con el fin de evaluar la implementación del nuevo sentido vial.

1.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar las condiciones actuales de operación y seguridad vial del tramo de estudio, con especial atención en el cruce de la carrera 107B con la calle 48B, mediante la caracterización de la pendiente, el flujo vehicular y los registros de siniestralidad.
- Evaluar alternativas de accesos para el sector frente al cambio de sentido vial propuesto, modelando los diferentes escenarios en el software VISSIM con el fin de analizar su impacto sobre las condiciones de movilidad.
- Analizar las condiciones geométricas del tramo para determinar la pertinencia de establecer restricciones a la circulación de vehículos pesados.

2. Marco teórico

2.1 Movilidad urbana y problemática del transporte

La movilidad urbana surge de la necesidad de las personas de desplazarse dentro de la ciudad para realizar actividades cotidianas como trabajar, estudiar, acceder a bienes y servicios o mantener relaciones sociales. Estos desplazamientos pueden realizarse mediante caminata, modos no motorizados como la bicicleta o a través de medios motorizados como el automóvil y el transporte público. Sin embargo, esta dinámica implica un uso intensivo del espacio urbano, del tiempo, de la energía y de los recursos económicos, lo que genera impactos negativos como congestión vehicular, contaminación ambiental y acústica, así como un aumento en la exposición a siniestros viales (CAF, 2011).

Frente a estos retos, los modelos de transporte se consolidan como herramientas que permiten analizar el comportamiento del sistema de movilidad mediante representaciones simplificadas de la realidad. Estos modelos facilitan la evaluación anticipada de diferentes alternativas relacionadas con infraestructura, operación y uso del suelo, lo que contribuye a la toma de decisiones más informadas en los procesos de planificación (PTV Group).

2.2 Simulación del tráfico como herramienta de análisis

La simulación del tráfico consiste en la recreación virtual de situaciones reales de circulación vehicular y multimodal. En estos entornos digitales es posible modelar distintos tipos de infraestructura vial, como intersecciones, corredores o redes completas, con el fin de analizar el comportamiento del tránsito y la interacción entre los usuarios de la vía. A través de herramientas como PTV Vissim, los planificadores pueden evaluar escenarios hipotéticos y analizar los efectos de diferentes medidas antes de su implementación en el entorno real, lo que reduce la incertidumbre en la toma de decisiones (PTV Group,).

2.3 Tipos de modelos de simulación

Los modelos utilizados para el tránsito vehicular están basados en teorías con enfoques microscópicos y macroscópicos, estos se basan en métodos matemáticos los cuales representan el comportamiento del flujo. La simulación de modelos está destinada a reproducir el comportamiento del tráfico en una red de transporte a través del tiempo y espacio, con el fin de pronosticar el rendimiento del mismo.

Los modelos de simulación pueden clasificarse según su nivel de detalle o resolución. De acuerdo con PTV Group (2015), existen tres enfoques principales:

- **Macrosimulación:** Representa el tráfico de forma agregada, considerando variables globales como volumen, densidad y velocidad promedio, sin modelar el comportamiento individual de los usuarios.
- **Mesosimulación:** Incorpora a los usuarios como entidades individuales, pero su comportamiento está determinado principalmente por características agregadas del flujo, como la densidad o la velocidad media. Las interacciones directas se concentran especialmente en los nodos de la red.
- **Microsimulación:** Modela a cada usuario de la vía como una entidad individual que responde a su entorno inmediato, considerando factores como distancias, velocidades y comportamiento de otros usuarios cercanos. Este enfoque permite una representación más realista y detallada del tránsito.

Dado que el presente proyecto requiere analizar el comportamiento detallado de un tramo vial, la microsimulación resulta el enfoque más adecuado.

2.4 Importancia de la calibración en los modelos de tráfico

La confiabilidad de un modelo de simulación depende de su capacidad para representar adecuadamente las condiciones reales del contexto analizado. Por esta razón, los modelos no

pueden aplicarse directamente en diferentes territorios sin ajustes previos. Es necesario realizar procesos de calibración que permitan adaptar los parámetros del modelo a las condiciones locales, considerando factores como la geometría vial, el comportamiento de los conductores y la operación del tránsito. Para ello, se emplean indicadores estadísticos como el GEH y medidas de bondad de ajuste, con el fin de verificar la correspondencia entre los resultados del modelo y los datos reales observados (PTV Group, 2015).

2.5 Modelos microscópicos en el análisis del tráfico

El uso de modelos microscópicos ha aumentado significativamente en los estudios de tráfico debido a su capacidad para representar el comportamiento individual de cada vehículo dentro del sistema. Este enfoque permite analizar con mayor profundidad los fenómenos operacionales, al considerar a cada vehículo como un elemento independiente que interactúa constantemente con otros componentes del flujo vehicular (Salvador & Robusté, 2000, Citado por Álvarez Vargas, 2017).

Gracias a esta capacidad de detalle, los modelos microscópicos se han convertido en herramientas ampliamente utilizadas para evaluar problemas de tráfico, analizar soluciones operacionales y apoyar procesos de diseño vial.

2.6 Software PTV Vissim como herramienta de microsimulación

Vissim es un software de simulación microscópica que forma parte de la suite PTV Vision Traffic Suite. Este programa permite modelar el tránsito considerando cada vehículo como una entidad individual, lo que facilita su aplicación en estudios de intersecciones, glorietas, corredores viales y redes urbanas. Además, ofrece la posibilidad de simular distintos tipos de usuarios de la vía, como automóviles, motocicletas, bicicletas, buses y camiones, lo que fortalece su enfoque multimodal (Papageorgiou, 2006, Citado por Álvarez Vargas, 2017).

El software fue desarrollado por la empresa alemana PTV (Planung Transport Verkehr) en Karlsruhe, y su nombre proviene del acrónimo alemán Verkehr In Städten – SIMulation, que significa simulación del tránsito en ciudades. Su desarrollo inició en la década de 1970 en la Universidad de Karlsruhe y posteriormente fue comercializado a nivel internacional, siendo utilizado en diversos países para estudios de movilidad urbana y análisis del tránsito (Suárez, 2007).

2.7 Funcionamiento general del software Vissim

El funcionamiento de Vissim se basa en modelos psicofísicos de comportamiento vehicular, particularmente en el modelo de seguimiento propuesto por Wiedemann. Esta base teórica permite representar de forma más realista el comportamiento de los conductores frente a variables como aceleración, desaceleración, distancia entre vehículos y toma de decisiones en la vía. Gracias a ello, el software puede aplicarse en estudios de tránsito urbano, análisis de transporte público, evaluación de configuraciones geométricas, semaforización y composición vehicular, convirtiéndose en una herramienta útil para apoyar procesos de diseño y planeación del transporte (Gao, 2008).

Internamente, Vissim está compuesto por dos funciones principales: el simulador de tráfico, encargado de representar el movimiento de los vehículos en la red, y el generador de estados de señal, que permite obtener resultados estadísticos como tiempos de viaje, longitudes de cola y volúmenes vehiculares (Bloomberg, 2000, Citado por Alcalá Ramos, 2016).

2.8 Componentes del modelo de simulación

La microsimulación desarrollada en Vissim se construye a partir de diferentes elementos que representan la red vial, los usuarios y las condiciones operativas del sistema. Estos elementos se clasifican en componentes estáticos y dinámicos, los cuales permiten estructurar el funcionamiento del modelo

Los links y conectores son ejemplos del componente estático. Los primeros se componen de rutas o carreteras direccionadas con un número determinado de carriles. Por otro lado, los

conectores son el medio por el cual se unen los links. Estos permiten los giros y movimientos en el caso de las intersecciones y rotondas que se desee modelar (PTV GROUP, 2016)

Otro componente del modelo son las áreas de reducción de velocidad. Estas pueden ser empleadas en los giros de los vehículos, logrando así mayor similitud entre el modelo y la realidad, como también las reglas de prelación las cuales permiten destacar la prioridad de las maniobras vehiculares en la interrelación de los mismos vehículos.

2.9 Elementos de entrada del modelo

Los datos de entrada de una simulación incluyen la configuración de la red vial y todas las características necesarias para representar el flujo de los diferentes modos de transporte que circulan en ella. Esto comprende aspectos como distribuciones vehiculares, parámetros de comportamiento y funciones que permiten representar adecuadamente la operación del sistema (PTV, 2015).

- **Tipos de vehículos:** En Vissim, los tipos de vehículos permiten agrupar unidades con características similares de conducción y comportamiento. De forma predeterminada, el software incluye categorías como automóviles, camiones, autobuses, tranvías, bicicletas y peatones (Salazar Solano, 2018)
- **Clases de vehículos:** Las clases de vehículos permiten agrupar distintos tipos según características operacionales similares. Por defecto, el software contempla clases como livianos, pesados, buses, trenes, peatones y bicicletas, lo cual facilita una mejor estructuración del modelo de simulación (Salazar Solano, 2018)

Gracias a la aplicación de herramientas como PTV Vissim en el análisis de movilidad permite construir modelos operacionales detallados, analizar dinámicas de circulación bajo diferentes condiciones y ofrecer una base técnica sólida para la toma de decisiones, lo cual lo convierte en una herramienta esencial en la ingeniería de transporte moderna y en la evaluación de proyectos de movilidad urbana.

3. Metodología

La metodología del presente análisis se desarrolla bajo un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), que combina el trabajo de campo, recolección y análisis de datos, la modelación en software especializado y formulación de recomendaciones. Se estructura en cuatro fases principales:

3.1 Fases

3.1.1 Fase 1: *Diagnostico del tramo de estudio*

El diagnóstico del tramo de estudio se realiza mediante una combinación de trabajo de campo y el uso de herramientas tecnológicas, con el fin de recopilar información que permita comprender las condiciones del tramo, las cuales incluyen: la caracterización geométrica del tramo, la caracterización del tejido urbano, el registro fotográfico y el análisis de seguridad vial.

- **Caracterización geométrica:**

Durante el trabajo de campo se realiza el reconocimiento del tramo y el levantamiento de información relacionada con los anchos de calzada y las longitudes, utilizando una cinta métrica. Asimismo, se recopilan datos cualitativos como el tipo y estado del pavimento, la existencia y condiciones de los andenes, las maniobras vehiculares que evidencien posibles puntos de conflicto y el estado de la señalización vertical y horizontal existente.

Adicionalmente, se lleva a cabo un registro fotográfico que permite documentar las condiciones físicas y espaciales de la infraestructura vial, sirviendo como soporte visual para el análisis de las problemáticas identificadas. Complementariamente, mediante el uso de la herramienta Google Earth Pro, se obtiene información aproximada sobre la pendiente del tramo de estudio.

- **Caracterización del tejido urbano:**

Se realiza a partir del reconocimiento en campo y el uso de plataformas tecnológicas como el visor geográfico del Municipio de Medellín (MapGIS), el cual permite acceder a información relacionada con el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), los usos del suelo, la jerarquización vial y los sentidos de circulación asociados al tramo analizado.

- **Análisis de seguridad vial:**

Se consultan los datos del Observatorio de Movilidad de Medellín, a partir de los cuales se identifican los siniestros viales reportados en los últimos años y su localización dentro del tramo de estudio.

3.1.2 Fase 2: Recolección y análisis de información operacional del tramo

En esta fase se recopila información relacionada con los aforos vehiculares, con el propósito de identificar el comportamiento de la movilidad en el tramo de estudio.

La recolección de datos contempla la realización de aforos vehiculares en los accesos de la intersección que conectan con el tramo, considerando los diferentes modos de transporte como motocicletas, automóviles, transporte público y vehículos de carga, así como la identificación de los movimientos predominantes (giros y flujos directos) y la observación de las condiciones de congestión en los periodos pico AM (7:00 a 9:00) y PM (17:00 a 19:00).

La información obtenida es organizada y procesada mediante tablas en Microsoft Excel y gráficos en Power BI, lo que permite analizar la demanda vehicular por acceso, los volúmenes de tránsito en la hora de máxima demanda, los niveles de demanda por partición modal y las maniobras predominantes en la intersección y el tramo evaluado.

3.1.3 Fase 3: Modelación de escenarios en PTV Vissim

A partir de la información recolectada en las fases anteriores, se construye un modelo de microsimulación existentes en el software PTV Vissim, del estado actual del tramo de acuerdo a los sentidos viales existentes. Este modelo incluye las características geométricas, los flujos vehiculares, las maniobras de conducción y la operación de la intersección.

Posteriormente, se formula el escenario propuesto, correspondiente al cambio de sentido vial del tramo de la carrera 107B entre la calle 45B y la calle 48B. Dicho escenario es modelado en el software, ajustando la configuración vial y operativa según la propuesta.

La modelación permite simular ambos escenarios (actual y propuesto) y obtener indicadores de desempeño como:

- Tiempos de viaje.
- Longitudes de cola.
- Niveles de servicio.
- Velocidades promedio.

Estos resultados facilitan la comparación técnica entre las condiciones existentes y la propuesta de intervención.

3.1.4 Fase 4: Evaluación de resultados y formulación de recomendaciones.

En esta fase se realiza el análisis comparativo de los resultados obtenidos en los escenarios modelados, con el fin de evaluar la viabilidad técnica del cambio de sentido vial propuesto. A partir

de los indicadores de desempeño, se establecen las ventajas e impactos de la propuesta. Finalmente, se formulan conclusiones y recomendaciones técnicas orientadas a apoyar la toma de decisiones.

3.2 Cronograma de Actividades

El cronograma de actividades propuesto contempla un periodo de ejecución de cinco meses, en los cuales se desarrollarán de manera secuencial las siguientes fases del proyecto.

Tabla 1.

Cronograma de actividades proyecto

Cronograma de Actividades						
No	Actividad	Mes				
		1	2	3	4	5
1	Trabajo de campo y diagnóstico del tramo de estudio					
2	Análisis de datos recolectados					
3	Diseño de escenarios y modelación en software VISSIM					
4	Análisis y validación del escenario					
5	Conclusiones y recomendaciones					

3.3 Resultados esperados

Los resultados del proyecto, en primer lugar, es la elaboración de un diagnóstico técnico detallado del tramo de estudio, que incluye la caracterización de sus condiciones físicas, geométricas, operativas y de seguridad vial, así como el análisis de flujos vehiculares y registros de siniestralidad. A partir de esta información permitirá elaborar un modelo base en el software PTV Vissim, con el cual se simulará el comportamiento actual de la vía y compararlo con escenarios alternativos, entre ellos el cambio de sentido vial, la restricción de tránsito a vehículos pesados y la habilitación de rutas alternas para garantizar la accesibilidad al sector. Estos escenarios fueron evaluados mediante indicadores de movilidad, como tiempos de viaje, formación de colas

y nivel de servicio. Finalmente, por parte de la Secretaría de Movilidad de Medellín se indicarán recomendaciones de acuerdo al análisis técnico, fortaleciendo tanto la gestión institucional como el proceso formativo de la estudiante en su práctica profesional.

4. Diagnostico

4.1 Antecedentes

Como se ha venido mencionando, el presente estudio surge a partir de un derecho de petición presentado por un residente del barrio Antonio Nariño de la ciudad de Medellín, específicamente del tramo vial de la carrera 107B, entre la calle 45B y la calle 48B. El ciudadano expone la necesidad de evaluar un cambio en el sentido vial, debido a que en repetidas ocasiones se han registrado vehículos volcados asociados a la pronunciada pendiente de la vía. Asimismo, señala que, aunque hasta la fecha de la solicitud, realizada en mayo de 2025, no se han presentado víctimas fatales, considera pertinente analizar esta propuesta con el fin de prevenir futuros siniestros y mejorar las condiciones de seguridad vial en el sector.

De acuerdo con lo anterior, el ciudadano adjunta evidencias de los volcamientos vehiculares registrados, los cuales han generado preocupación entre los residentes del sector y han motivado la presentación del derecho de petición. (**Figura 1, Figura 2, Figura 3, Figura 4**)

Figura 1.

Registro fotográfico siniestros viales en tramo de estudio.



Nota. Fuente: Oscar de Jesús Bedoya barrio Antonio Nariño.

Figura 2.

Registro fotográfico siniestros viales en tramo de estudio.



Nota. Fuente: Oscar de Jesús Bedoya barrio Antonio Nariño.

Figura 3.

Registro fotográfico siniestros viales en tramo de estudio.



Nota. Fuente: Oscar de Jesús Bedoya barrio Antonio Nariño.

Figura 4.

Registro fotográfico siniestros viales en tramo de estudio.



Nota. Fuente: Oscar de Jesús Bedoya barrio Antonio Nariño.

4.2 Contexto general del área de estudio

En este contexto se presenta la localización general de la comuna y barrio donde se encuentra el tramo de análisis

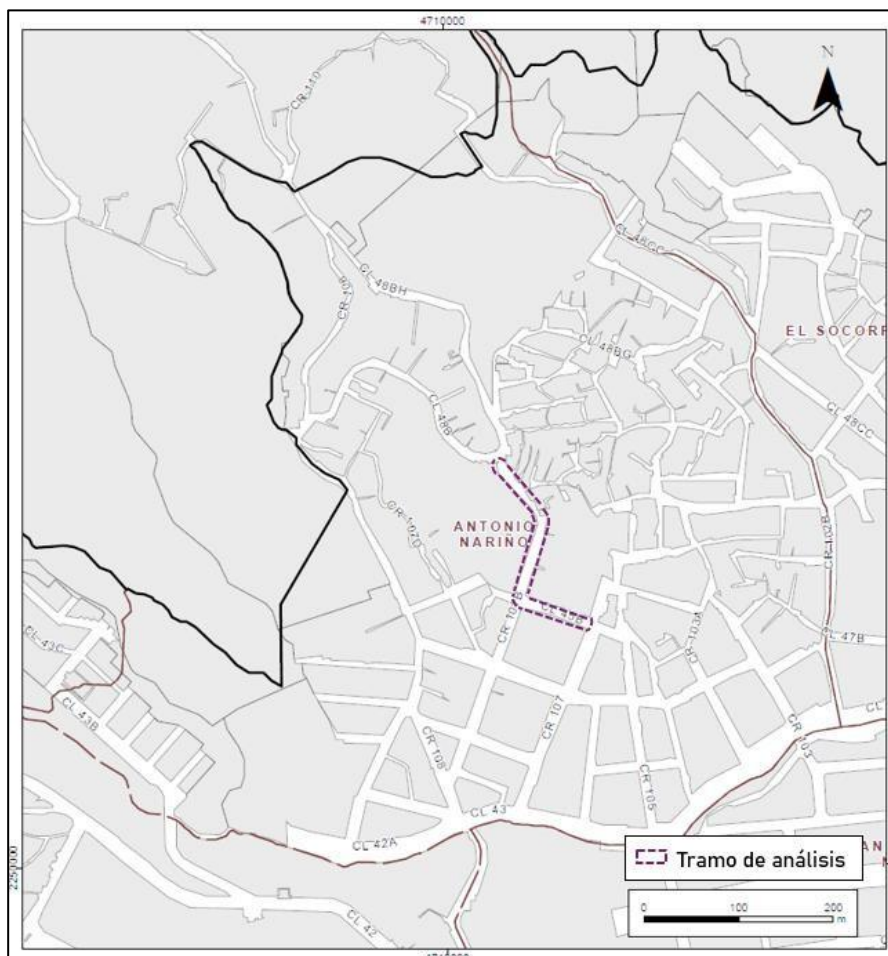
4.2.1 Tramo de análisis

El área de estudio se localiza en la comuna 13 – San Javier, dentro del barrio Antonio Nariño, específicamente en el tramo de la carrera 107B entre la calle 48B y la calle 45B.

A través del diagnóstico se puede realizar un análisis del contexto urbano, de las condiciones físicas del tramo vial, de los flujos de movilidad y de los factores asociados a la seguridad vial, gracias a esto es posible entender cómo se articula el tramo con su entorno y cuáles son las tensiones que afectan su funcionamiento, reconociendo los desafíos que enfrentan peatones y conductores, y las oportunidades para transformar el tramo en un lugar más seguro y accesible.

Figura 5.

Localización tramo de análisis.



Nota. Fuente. Elaboración propia a partir del Portal Geográfico del Municipio de Medellín. MAPGIS (2025).

4.2.2 Descripción general de la Comuna 13 – San Javier

La Comuna 13 San Javier está ubicada en el costado occidental de la ciudad y hace parte, junto con las comunas 11 Laureles–Estadio y 12 La América, de la Zona 4 Centro Occidental. Su extensión ocupa 74.2 km², equivalentes al 37.6 por ciento del área de la Zona 4 Centro Occidental y al 6.2 por ciento del área urbana de Medellín. Sus límites territoriales son:

- Norte: Comuna 7- Robledo
- Oriente: Comuna 12 - La América

- Sur: Corregimiento Altavista
- Occidente: Corregimiento San Cristóbal

Según el Acuerdo Municipal 346 de 2000, la comuna está conformada por 19 barrios: El Pesebre, Blanquizal, Santa Rosa de Lima, Los Alcázares, Metropolitano, La Pradera, Juan XXIII La Quebra, San Javier N.º1, San Javier N.º2, Veinte de Julio, Belencito, Betania, El Corazón, Las Independencias, Nuevos Conquistadores, El Salado, Eduardo Santos, Antonio Nariño y El Socorro.

La Comuna 13 se caracteriza por una topografía muy accidentada, especialmente hacia el extremo occidental, donde las cotas alcanzan los 1.650 metros sobre el nivel del mar. Varios barrios, entre ellos, Antonio Nariño, se desarrollan sobre laderas de altas pendientes, muchas clasificadas como zonas de alto riesgo por susceptibilidad a movimientos en masa.

El territorio está surcado por cuatro quebradas principales que fluyen de occidente a oriente hasta desembocar en el río Medellín: La Iguaná, La Pelahueso, La Hueso y Ana Díaz. Estas corrientes hídricas han sido históricamente asociadas a deslizamientos e inundaciones, tanto en la Comuna 13 como en las comunas 11 y 12. La problemática se agrava por la obstrucción de las estructuras hidráulicas debido a residuos sólidos arrojados en las partes altas de los cauces.

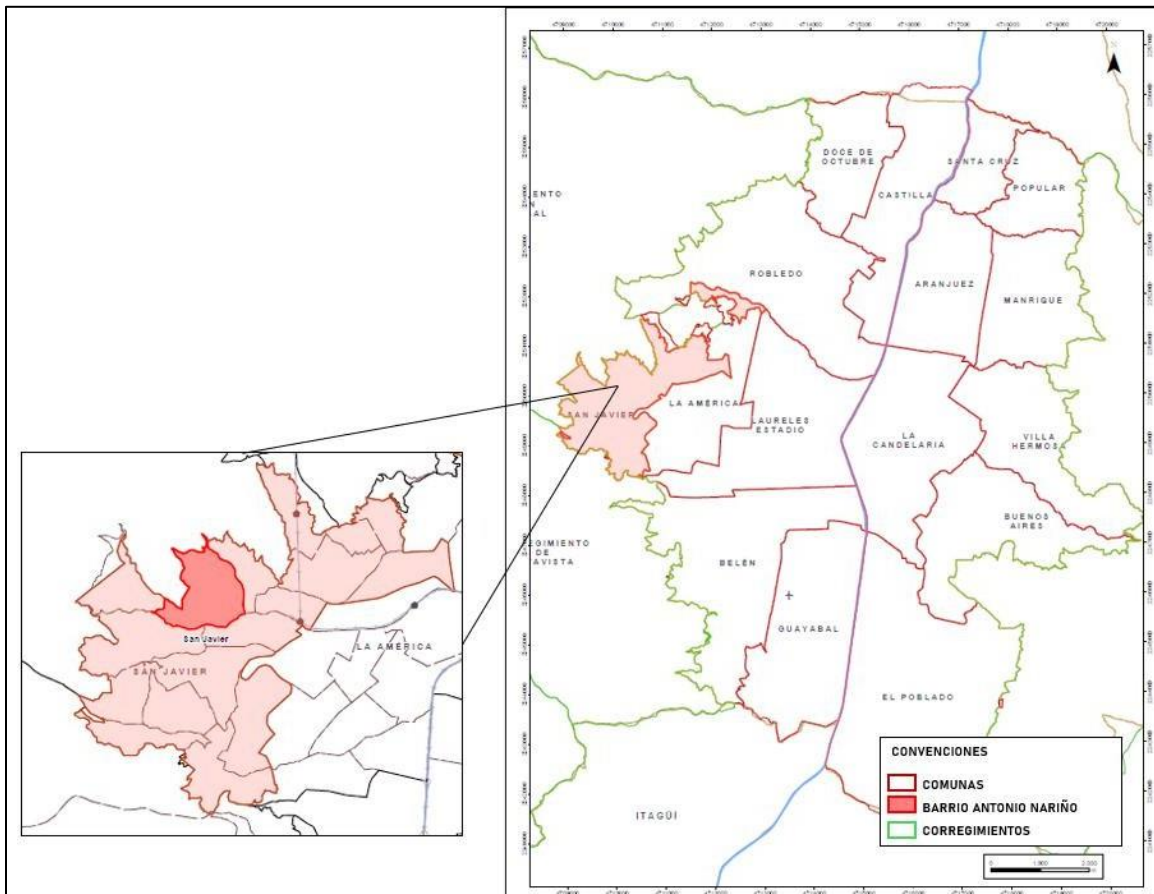
Entre 1978 y 1980, las laderas occidentales de los barrios Veinte de Julio y Antonio Nariño experimentaron un proceso acelerado de ocupación mediante modalidades como la invasión de tierras, la piratería predial y la urbanización espontánea. Si bien la ocupación informal ha sido un patrón persistente en la Comuna 13, dicho fenómeno alcanzó su mayor intensidad a partir de 1984, cuando la llegada masiva de población se desarrolló sin ningún tipo de regulación urbanística, control institucional o aplicación de normas técnicas de planificación.

Este proceso de expansión informal, marcado por la ausencia de intervención estatal y la inexistencia de condiciones adecuadas de urbanización, favoreció la consolidación de asentamientos con deficiencias de infraestructura básica. Como consecuencia, el territorio ha

heredado problemáticas que inciden en la vulnerabilidad de los residentes y en la complejidad del ordenamiento urbano.

Figura 6.

Localización general tramo de análisis.



Nota. Fuente. Elaboración propia a partir del Portal Geográfico del Municipio de Medellín. MAPGIS (2025).

4.3 Diagnóstico urbano

El diagnóstico urbano permite comprender las condiciones del entorno en las que se desarrolla el tramo de estudio. A través de este análisis se identifican las principales características del territorio, sus dinámicas y problemáticas. En este apartado se abordan aspectos relacionados con la configuración urbana y espacial del área, que influyen directamente en el comportamiento de la vía y de los usuarios.

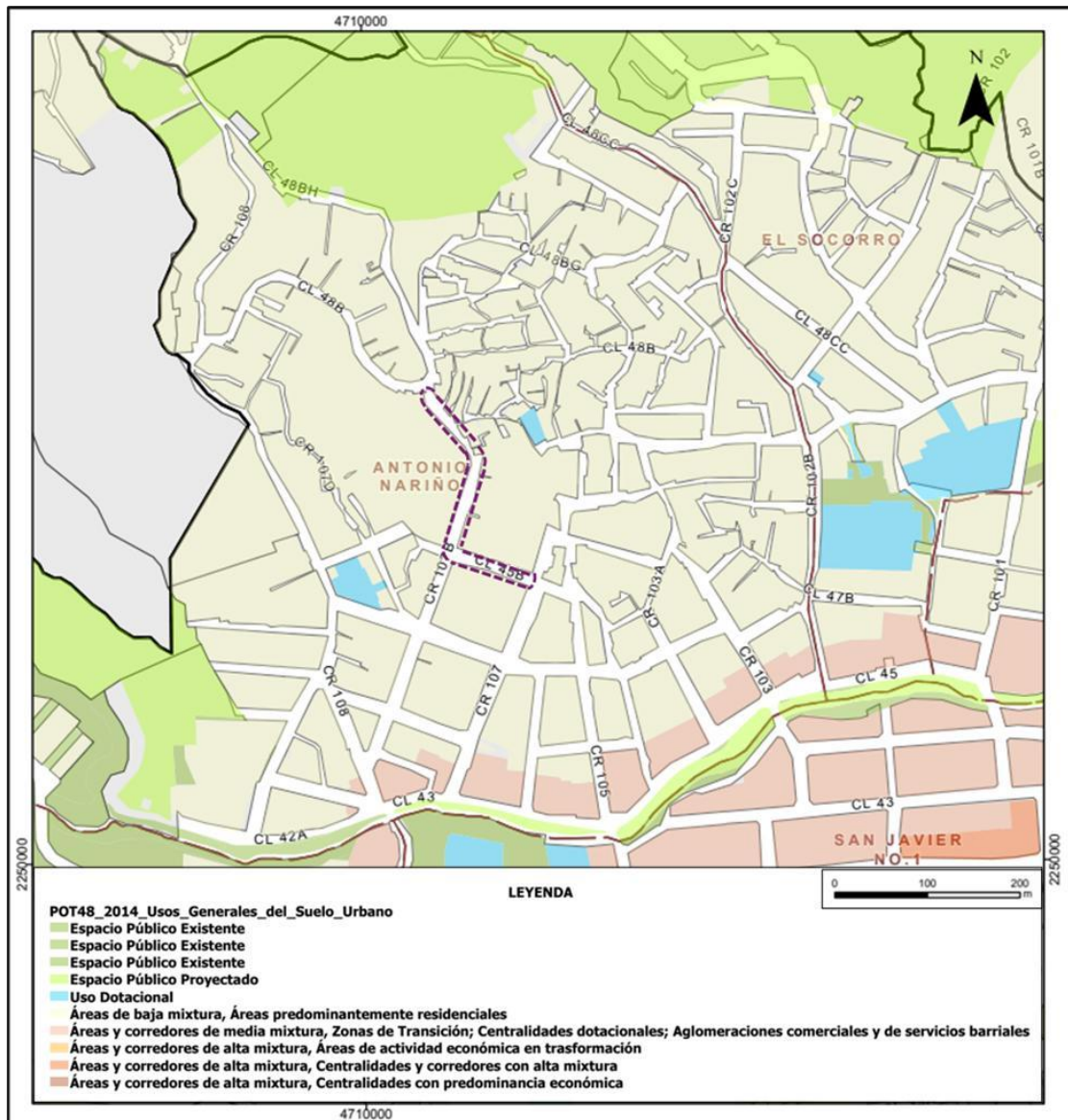
4.3.1 Morfología urbana

El barrio Antonio Nariño y a su vez el tramo analizado se ubica en la ladera occidental del Valle de Aburrá, por esta condición se caracteriza por una topografía compleja con pendientes pronunciadas que influyen en la conformación urbana y en la infraestructura vial existente, en este sentido se da la morfología de ladera. Esta condición genera un efecto de borde que produce un trazado urbano mixto en su morfología urbana. La discontinuidad aparece en la presencia de construcciones fragmentadas, en el aprovechamiento de vacíos y en la transformación del trazado inicial, que deja de seguir una línea homogénea para adaptarse a procesos de expansión condicionados por la topografía y la geomorfología del terreno.

4.3.2 Usos del suelo

En concordancia con el Acuerdo 048 de 2014, POT de Medellín, en cuanto a los usos del suelo, el tramo vial analizado se encuentra en un entorno residencial consolidado. Se clasifica dentro de áreas de baja mixtura, entendidas como zonas urbanas donde no se concentra una alta densidad de actividades y donde la vivienda constituye el uso predominante (**Figura 7**). Aunque no se encuentran equipamientos de gran escala, sí existe una presencia significativa de actividades económicas cotidianas, principalmente pequeños comercios de escala barrial. Estos establecimientos funcionan en relación directa con la proximidad de las viviendas, favoreciendo dinámicas locales de corta distancia y una circulación constante de residentes en su vida diaria.

Figura 7.
Usos del suelo tramo de análisis.

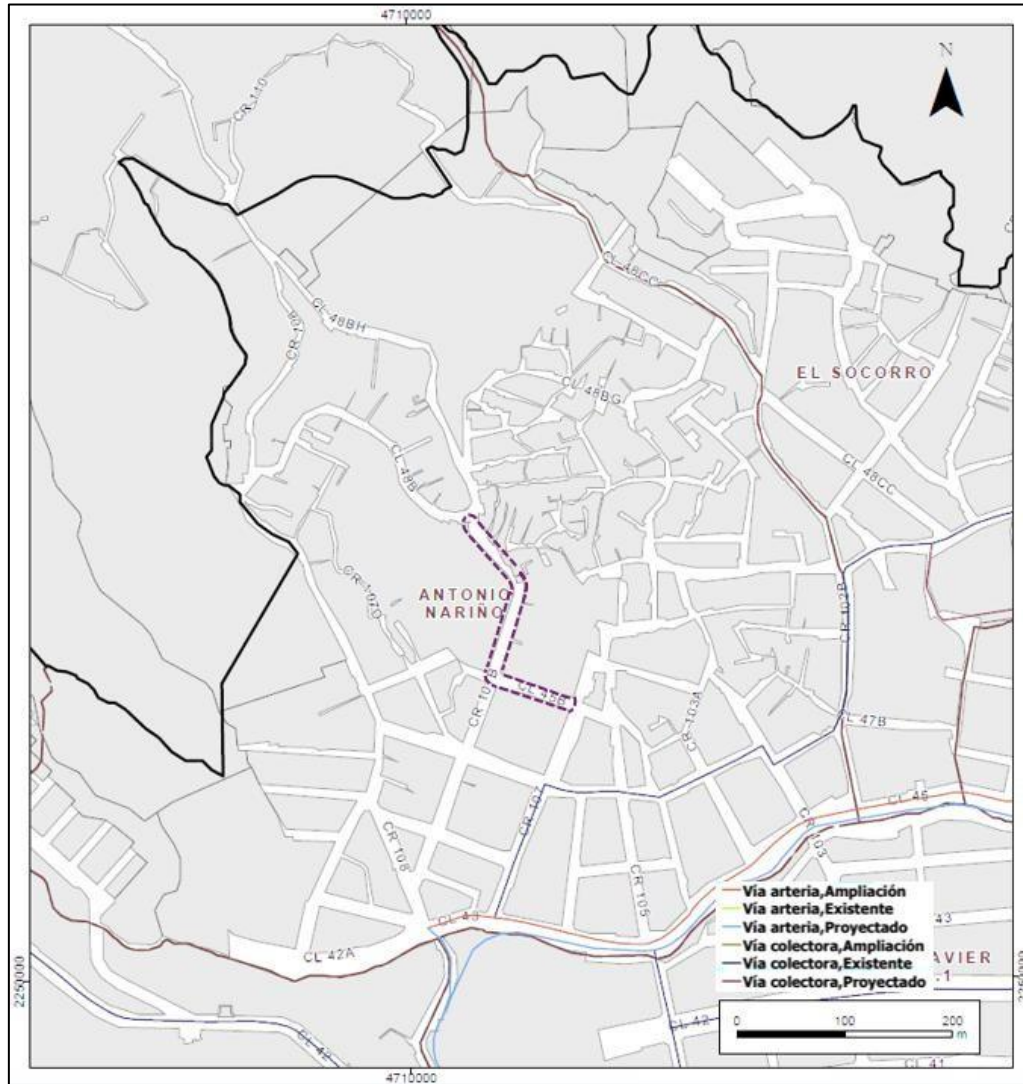


Nota. Fuente. Elaboración propia a partir del Portal Geográfico del Municipio de Medellín. MAPGIS (2025).

4.3.3 Tipología de las vías

En el entorno, la movilidad local se estructura principalmente mediante vías de servicio que cumplen un papel fundamental en la conectividad interna del barrio. El tramo comprendido corresponde a vía de servicio. La vía colectora más cercana al tramo analizado corresponde a la calle 45 manteniendo continuidad con la carrera 107, clasificada también como vía de servicio. (Figura 8)

Figura 8.
Jerarquía vial tramo de análisis.



Nota. Fuente. Elaboración propia a partir del Portal Geográfico del Municipio de Medellín. MAPGIS (2025).

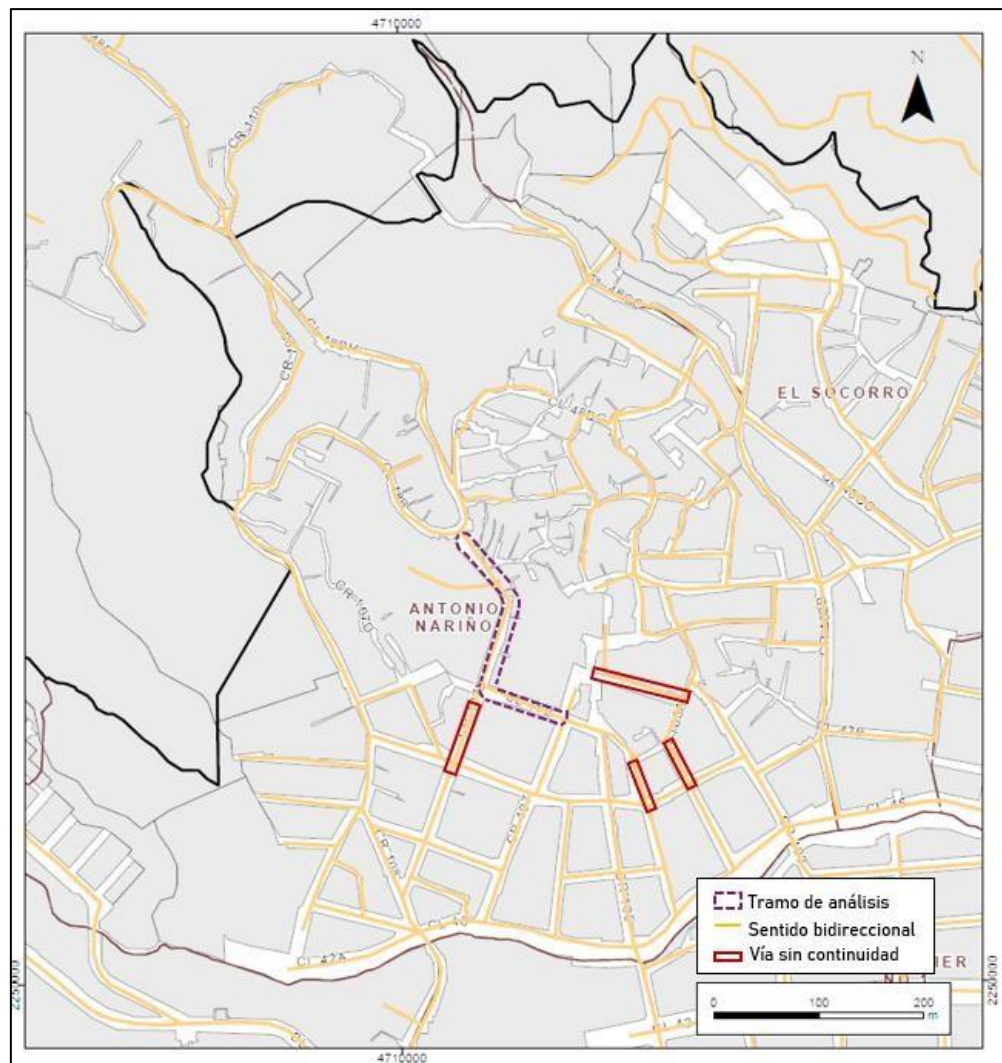
4.3.4 Sentidos viales

En cuanto a los sentidos de circulación, la mayoría de las vías operan en doble sentido (**Figura 9**). Sin embargo, existen tramos con acceso único que no permiten el flujo continuo, sin

tener disponibilidad de rutas alternas dentro de la movilidad local, generando ciertas restricciones en opciones de desplazamientos.

Figura 9.

Sentidos viales tramo de análisis.



Nota. Fuente. Elaboración propia a partir del Portal Geográfico del Municipio de Medellín. MAPGIS (2025).

4.3.5 Análisis de fachadas, retiros, alturas y relación con el espacio público.

El sector está conformado por edificaciones de uno a tres pisos de uso residencial. Las construcciones presentan retiros mínimos o inexistentes, siendo usados como antejardines de uso privado, debido a esto, no se cuenta con andenes formales, por lo que el tramo funciona como un espacio compartido entre peatones y vehículos. Es por esto, que la usencia de distancia entre las fachadas y la calzada limita la posibilidad de ampliar el espacio público.

4.4 Diagnóstico de movilidad

El diagnóstico de movilidad tiene como propósito comprender las condiciones actuales del tramo vial y de la intersección que lo conecta, considerando tanto sus características geométricas como el comportamiento operativo del tránsito. Para ello, se analizan las dinámicas de circulación y las maniobras que se realizan para los distintos movimientos, identificando los puntos donde se generan conflictos. Asimismo, se revisan los antecedentes de siniestralidad vial registrados en el sector, con el fin de reconocer patrones de riesgo que afectan la seguridad de la vía.

4.4.1 Modos de transporte presentes

En el tramo se observa una movilidad dominada por el tránsito peatonal, propio de los recorridos cotidianos dentro del barrio. A esto se suma alta presencia de motocicletas, que se consolidan como el modo principal, los vehículos particulares aparecen en menor proporción, mientras que el transporte público circula por la intersección de la carrera 107B con calle 48B, contigua al tramo analizado que integra de forma indirecta la dinámica de movilidad presente en el sector.

4.4.2 Maniobras vehiculares

La intersección de la carrera 107B con la calle 48B, correspondiente al cruce evaluado, se configura como una intersección en “T” que opera bajo prioridad y cuenta con señalización horizontal de PARE. En este punto se permiten los siguientes movimientos: desde el acceso occidental se puede continuar en línea recta o girar a la derecha; desde el acceso sur, se permiten

la intersección de la carrera 107B con calle 48B. Estas dimensiones resultan limitadas para una vía que opera en doble sentido, destacando que en la sección no se cuenta con espacio para el tránsito de peatones.

Tabla 2.

Características tramo de análisis.

Características	Medida
Ancho de calzada (m)	4-6
Longitud del tramo (m)	269
Pendiente media (%)	22.6
Pendiente máxima (%)	58.1
Tipo de pavimento	Rígido-Flexible
Andenes	No aplica

Además, a lo largo del tramo se observan pendientes significativas, algunas superiores al 50%, con una inclinación máxima de 58.1% y un promedio de 22.6% (**Figura 12**). Estas condiciones topográficas afectan directamente la operación vehicular, ya que reducen la capacidad de frenado, aumentan el riesgo de pérdida de control especialmente en vehículos pesados, y limitan las maniobras tanto en ascenso como en descenso.

Figura 12.

Pendiente longitudinal tramo de análisis.



Nota. Fuente. Elaboración propia a partir de Google Earth Pro

4.4.4.2 Curvaturas y radios

La intersección presenta curvas horizontales con radios de giro cortos, lo que afecta la visibilidad para los vehículos que continúan de frente con los vehículos que realizan giros. Además, la curva vertical ubicada al final del tramo llegando a la intersección presenta alta pendiente, provocando que los vehículos livianos rocen o golpeen el pavimento y, a su vez, dificulta la visibilidad de los vehículos que ascienden desde el sentido sur, aumentando el número de conflictos en la intersección.

4.4.4.3 Estado superficie de rodadura

En el tramo se identificó un deterioro de la calzada, se trata de un agujero de considerable profundidad ubicado en el centro del carril, lo cual representa un riesgo significativo para el tránsito vehicular, ya que se expone material suelto y evidencia un desgaste progresivo del pavimento, lo que afecta la continuidad y seguridad vial.

4.4.4.4 Señalización

De acuerdo a la visita de campo se presenta señalización horizontal, sin embargo, la señalización vertical es ausente.

4.4.5 Seguridad vial y antecedentes de siniestros

De acuerdo con los registros de siniestralidad de las bases de datos del Observatorio de Movilidad de Medellín, para el periodo 2022 – 2024, se encontró un total de 15 siniestros registrados.

Tabla 3.
Siniestros por tipo y gravedad.

Gravedad	Clase	Año			Total	Porcentaje (%)
		2022	2023	2024		
Herido	Atropello		2		2	13.3
	Caída Ocupante			1	1	6.7

Gravedad	Clase	Año			Total	Porcentaje (%)
		2022	2023	2024		
	Choque		1	1	2	13.3
	Otro	1	1	3	5	33.3
	Volcamiento			1	1	6.7
	Solo Daños	4			4	26.7
Total		5	4	6	15	100
Porcentaje (%)		33.3	26.7	40	100	100

Fuente: Observatorio de Movilidad de Medellín (2025).

De los 15 siniestros registrados se tiene que el 73.3% corresponden a siniestros con heridos, mientras que el 26.7% restantes corresponden a siniestros por choque solo daños, es de anotar que desde el año 2022 con la entrada en vigor de la Ley 2251 de julio del mismo año se dejaron de atender los siniestros conocidos como “choques simples”, por lo anterior los únicos siniestros registrados como choque solo daños del 26.7% mencionado anteriormente corresponde precisamente para el año 2022.

En relación con las clases de siniestros con personas lesionadas, se observa que el 13,3 % corresponde a choques y el 13,3 % a atropellos. Por su parte, el 6,7 % se asocia a caídas de ocupante y otro 6,7 % a eventos de volcamiento. El 33,3 % restante corresponde a siniestros clasificados en la categoría “otros”. (Tabla 3)


Adicionalmente, se tiene reporte por una PQRSD de varios eventos de volcamiento presentados en la vía, donde dada la condición de alta pendiente de la vía, los conductores de vehículos de carga pierden el control, terminando en el volcamiento del vehículo.

4.5 Problemáticas identificadas

De acuerdo a la visita de campo, se identificaron varias problemáticas asociadas a la configuración geométrica poco favorable para la maniobra vehicular, falta de infraestructura peatonal, uso de la vía por estacionamiento de vehículos, y señalización vertical insuficiente.

Tabla 4.
Problemáticas asociadas al tramo de análisis.

Problemática	Registro fotográfico
<p>La infraestructura para el tránsito de peatones es nula.</p>	 <p>30 de oct 2025 11:06 Cl. 45b # 107-58, Antonio Narino, Medellín, San Javier, Medellín, Antioquia</p>
<p>Sobre la calle 45B, se evidencia un daño en la defensa vial, evento ocurrido anteriormente por un volcamiento de vehículo.</p>	 <p>30 de oct 2025 11:07 Cl. 45b # 107-58, Antonio Narino, Medellín, San Javier, Medellín, Antioquia</p>
<p>Sobre la intersección de la carrera 107B con calle 48B, se presentan radios de giro cortos, lo cual dificulta la visibilidad de los</p>	

Problemática	Registro fotográfico
<p>vehículos que transitan en el sentido opuesto.</p>	
<p>A lo largo del tramo se presenta material suelto por desgaste de superficie de rodadura.</p>	

Problemática	Registro fotográfico
<p>El espacio vial destinado a la circulación se ve ocupado por vehículos estacionados, lo que reduce el ancho útil del carril del sentido opuesto, comprometiendo la sección limitada para la operación en doble sentido.</p>	

4.6 Conclusiones del diagnóstico

A partir de las problemáticas presentadas, el cambio de sentido vial con restricción de vehículos de carga se plantea como una medida para reducir maniobras inseguras en pendiente, controlar el tipo de vehículo que ingresa al tramo, garantizar de forma segura el tránsito peatonal. Para ello, la intervención del tramo es necesaria y viable, priorizando:

- La reorganización operacional del tránsito (cambio de sentido).
- La mejora de la señalización preventiva.

- La protección del peatón mediante ajustes.

Este diagnóstico proporciona la base técnica para justificar la intervención y orientar las propuestas del proyecto.

Enfoque de intervención:

A partir de los hallazgos de campo, se propone un enfoque de intervención centrado en tres ejes principales:

1. Seguridad vial: Priorizar medidas que reduzcan el riesgo de siniestros derivados de la pendiente, la visibilidad limitada y el comportamiento vehicular. Esto incluye evaluar la viabilidad del cambio de sentido vial, restringir vehículos pesados y reforzar la señalización.

2. Mejoramiento funcional de la movilidad local: Reorganizar el tránsito con base en escenarios modelados en VISSIM para determinar las configuraciones que optimicen el flujo vehicular sin comprometer la accesibilidad del sector.

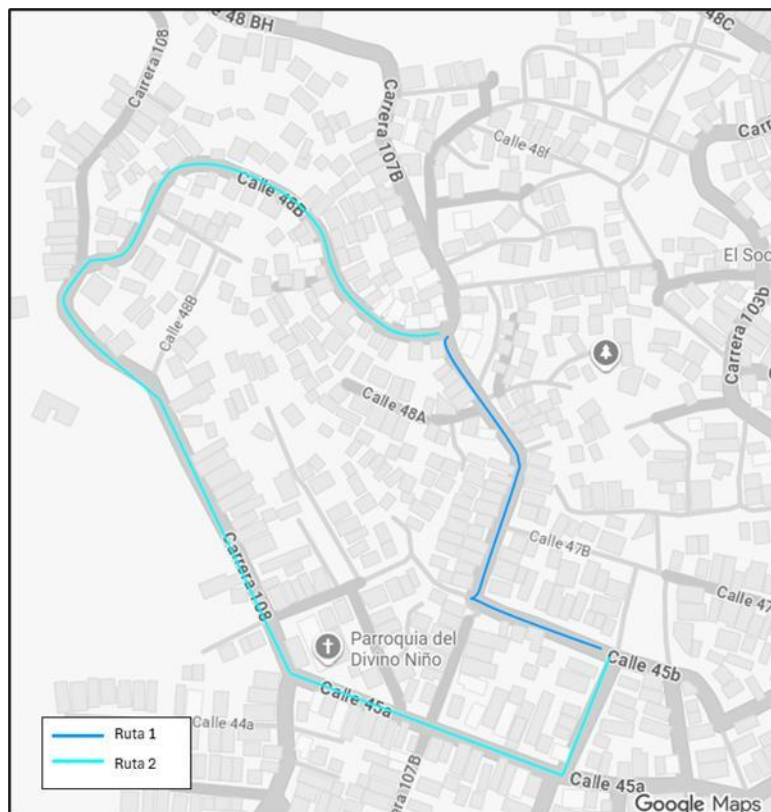
3. Optimización del espacio peatonal: Promover acciones que garanticen desplazamientos seguros a pie.

5. Formulación

5.1 Alternativas de accesibilidad

Para el análisis de accesibilidad se consideran dos posibles rutas para llegar al cruce de la carrera 107B con la calle 48B (**Figura 13**). La primera corresponde al recorrido por la vía de alta pendiente (ruta 1), mientras que la segunda es una alternativa que utiliza la carrera 108 hasta conectar con la calle 48B (ruta 2).

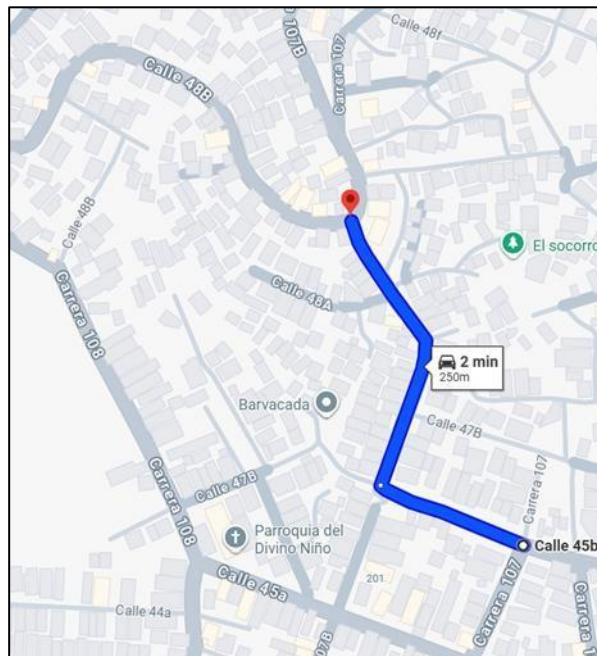
Figura 13.
Alternativas de accesos



Nota. Fuente. Elaboración propia a partir de Google Maps.

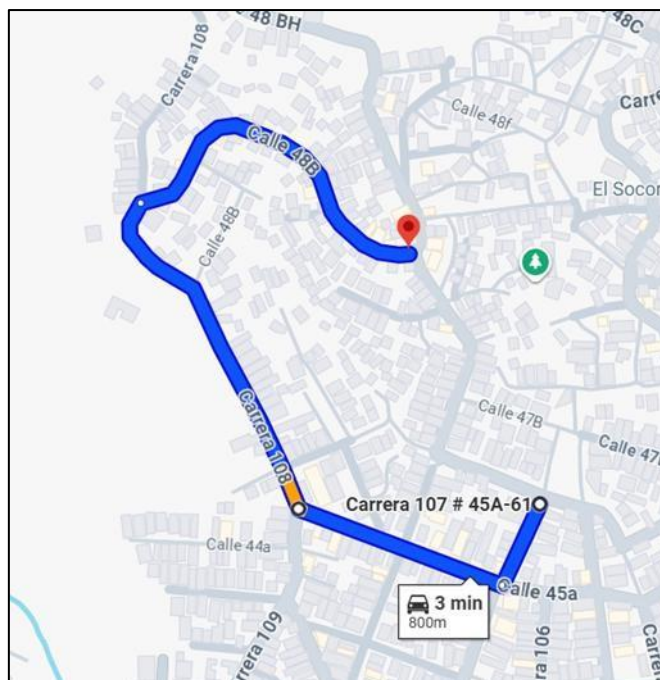
Para estimar los tiempos de viaje de cada ruta, se realizó un análisis utilizando Google Maps. Para un día típico, en una hora crítica como las 18:00, se obtuvo que la ruta 1 presenta un tiempo de viaje aproximado de dos minutos (**Figura 14**), mientras que la ruta 2 registra un tiempo estimado de tres minutos. (**Figura 15**)

Figura 14.
Tiempo de viaje ruta 1



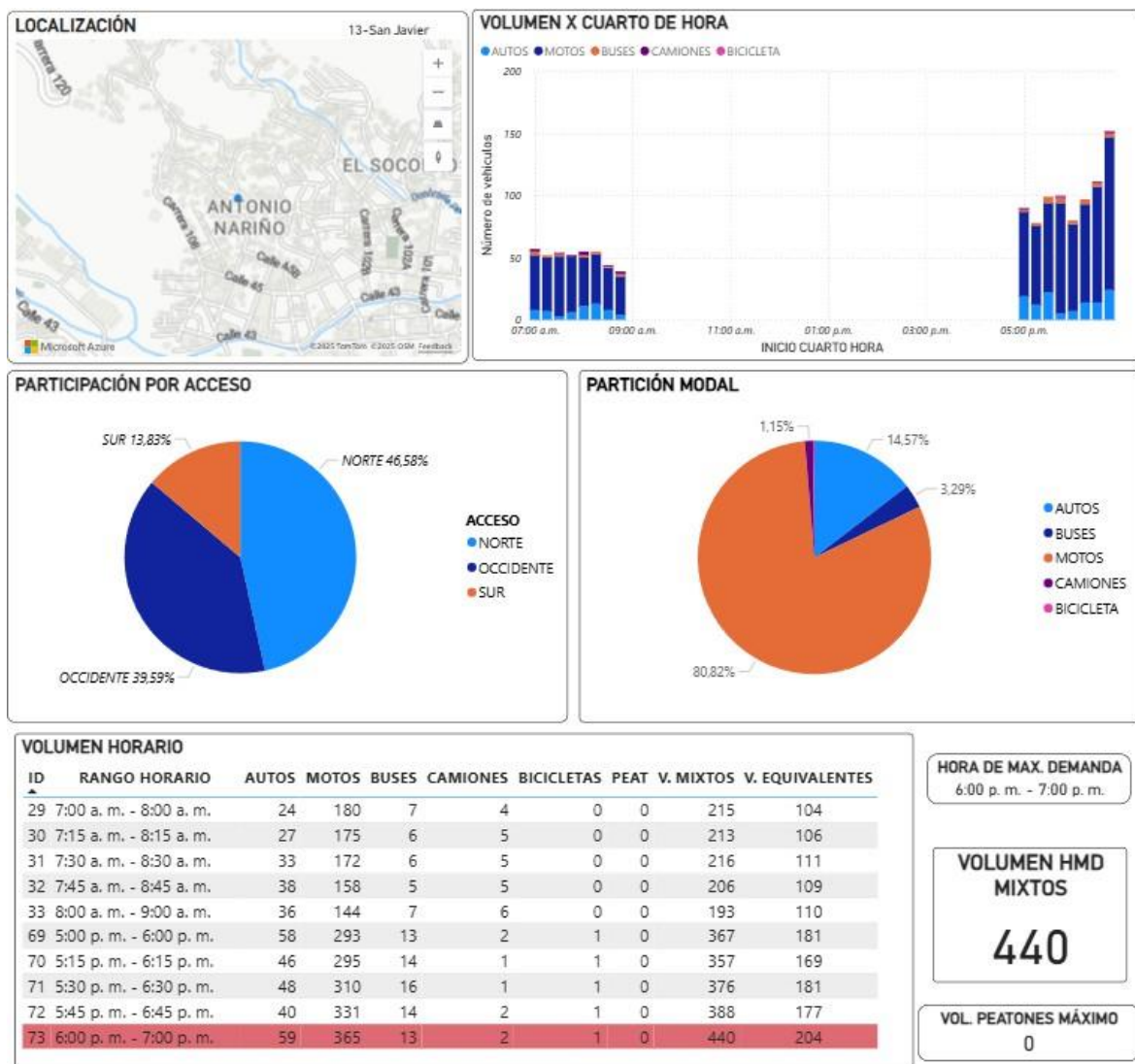
Nota. Fuente. Elaboración propia a partir de Google Maps.

Figura 15.
Tiempo de viaje ruta 2.



Nota. Fuente. Elaboración propia a partir de Google Maps.

Figura 18.
Carga vehicular Cra 107Bx Cll 48B.

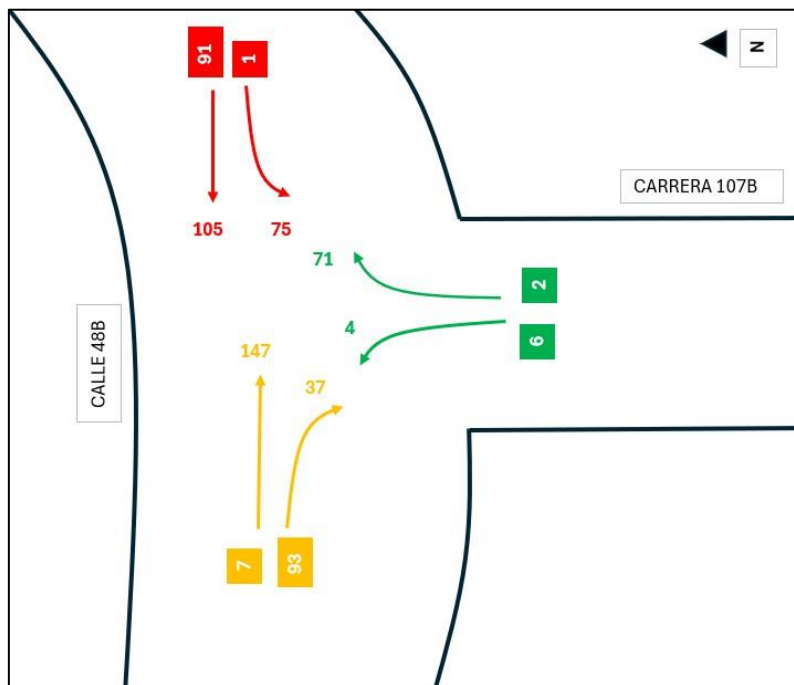


Nota. Fuente. Elaboración Power BI.

De acuerdo con la toma de datos, los resultados permiten caracterizar la situación actual, en la cual se evidencia un mayor volumen vehicular en los accesos norte y occidente de la intersección. Del mismo modo, se identificó que la hora de máxima demanda se presenta entre las 18:00 y las 19:00, con un total de 440 vehículos mixtos. Dentro de la partición modal de la intersección, las motocicletas representan el 80,82%, seguidas por los automóviles con un 14,57%, los buses con un 3,29%, y los camiones con un 1,15%.

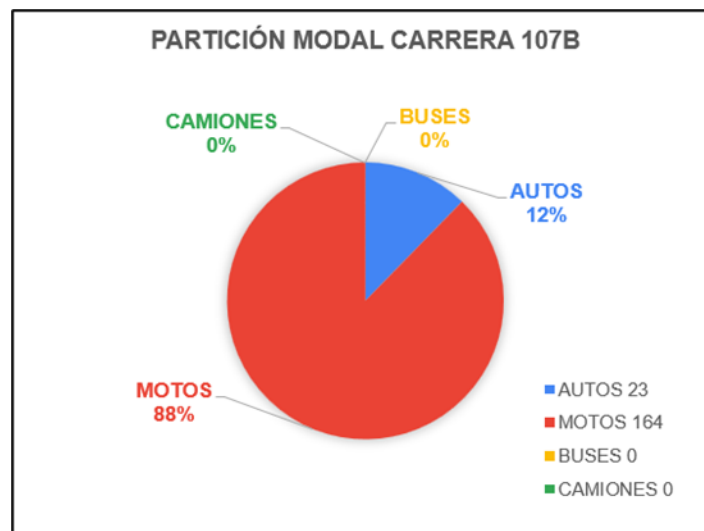
En la **Figura 19** se presentan los volúmenes vehiculares por movimiento en la intersección. En el acceso norte se registraron 180 vehículos: 105 en sentido Norte–Occidente y 75 en sentido Norte–Sur. En el acceso sur la cifra total fue de 75 vehículos, de los cuales 71 van en sentido Sur–Norte y 4 en sentido Sur–Occidente. Finalmente, en el acceso occidente se contabilizaron 184 vehículos, con 147 en sentido Occidente–Norte y 37 en sentido Occidente–Sur.

Figura 19.
Volumen por maniobra HDMD.



Nota. Fuente. Elaboración propia.

Los movimientos Norte–Sur, Sur–Norte, Occidente–Sur y Sur–Occidente, alimentan el tramo de la carrera 107B, con un total de 187 vehículos. Este volumen permite conocer la partición modal del tramo en la cual se evidencia una baja o nula participación de camiones, lo que permite caracterizar el flujo sobre este corredor como predominantemente liviano. (**Figura 20**)

Figura 20.*Partición modal carrera 107B.*

Nota. Fuente. Elaboración propia.




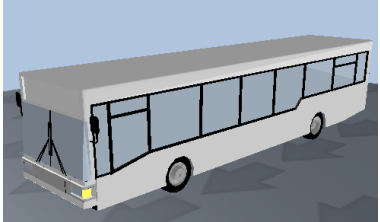



5.3 Escenarios de Simulación

En la elaboración de este estudio se construye y emplea un modelo de microsimulación como herramienta de análisis de operación de tránsito para el tramo comprendido, buscando recrear el comportamiento y la interacción de los diferentes actores viales con el entorno; lo anterior se logra a partir de la información recopilada en campo.

Para ello, es necesario representar la caracterización actual de las condiciones de circulación del tránsito (geometría de las vías, sentidos de circulación, volúmenes) dicha caracterización es insumo fundamental para ejecutar el modelo de microsimulación.

En este estudio se definieron dos escenarios de simulación. El primero corresponde al escenario base, en el cual se representan las condiciones actuales del tramo vial y de la intersección, utilizando los volúmenes vehiculares aforados en la hora de máxima demanda. A partir de este modelo base, se desarrolla un segundo escenario que permite evaluar las condiciones generadas por el cambio vial propuesto. Con este escenario alternativo es posible estimar, de manera preliminar, los tiempos de viaje, contadores vehiculares, velocidad promedio asociados a la nueva ruta sugerida.

Tabla 5.
Modelos 3D tipología vehicular.

	Livianos	Motos	Camiones	Buses
Vehículo Compacto		Motocicleta Scooter 		
Suv		Motocicleta deportiva 		
Pick up				

De acuerdo con la tipología vehicular, se definió una composición vehicular en la que a cada tipo de vehículo se le asignó una velocidad deseada de circulación para la simulación (**Figura 22**). Para los vehículos livianos y motocicletas se estableció una velocidad de flujo libre no mayor a 30 km/h, mientras que para los camiones y buses se asignó una velocidad máxima de 20 km/h, en coherencia con las condiciones viales del sector.

Figura 22.

Velocidad deseada para cada tipología vehicular.

Count: 4	Number	Nom
1	2	Livianos
2	3	Motos
3	4	Bus
4	5	Camion

Count: 4	Vehicle ty...	Desired speed distribu...	Relative fl...
1	100: Car	30: 30 km/h	1,000
2	630: Moto	30: 30 km/h	1,000
3	300: Bus	20: 20 km/h	1,000
4	200: HGV	20: 20 km/h	1,000

Static Vehicle Routing Decisions / Static Vehicle Routes Vehicle Compositions / Relative Flows (Vehicles)

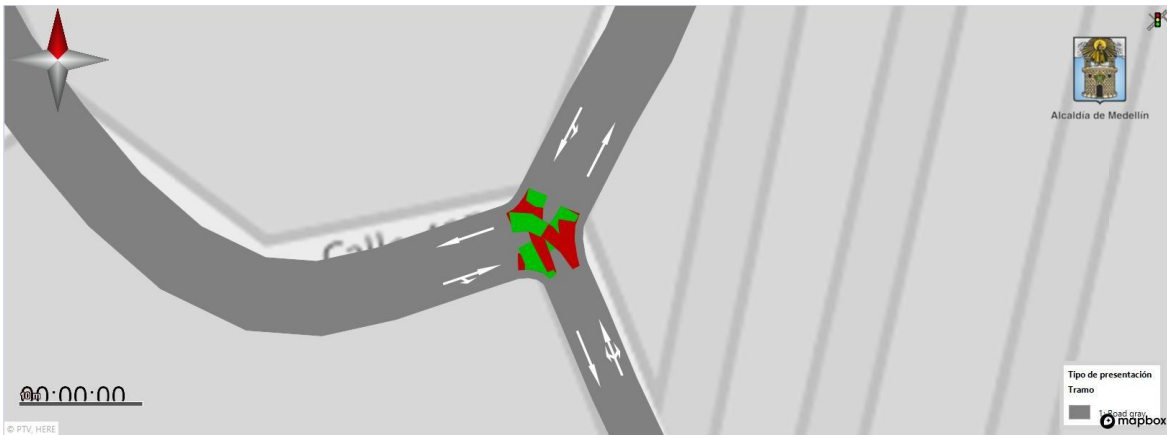
Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

Es importante resaltar que los comportamientos vehiculares pueden ser condicionados en el modelo. Un ejemplo de ello son las motocicletas, que tienen la capacidad de adelantar entre vehículos. Para efectos de la simulación, este comportamiento fue incorporado de la misma manera, con el fin de representar de forma más realista la dinámica del tráfico.

5.3.1 Asignación de las áreas de conflicto y prioridades

Se establecieron las prioridades de paso a partir de las zonas de conflicto que el software genera automáticamente, las cuales se evidencian en los traslapes de cruzamiento, convergencia y divergencia presentes en la intersección. Estas prioridades fueron ajustadas según la prelación definida para la intersección, destacándose en color verde las trayectorias con prioridad, tal como se observa en la Figura 23.

Figura 23.
Prelación áreas de conflictos.

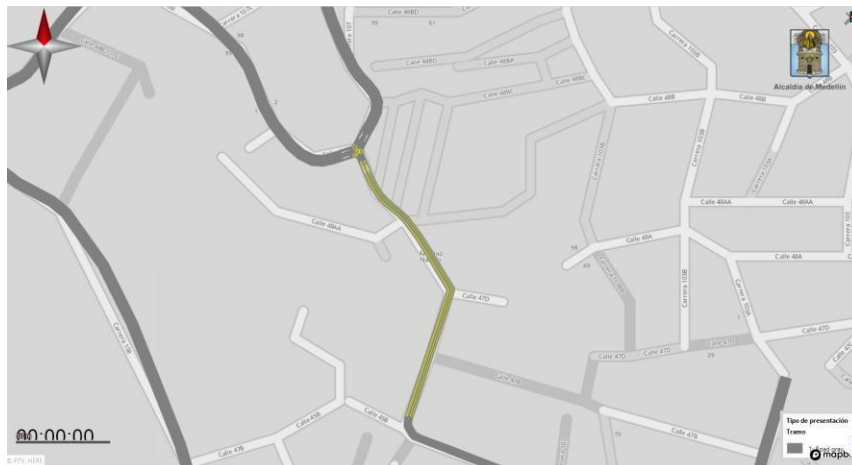


Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

5.3.2 Áreas con velocidad reducida:

Dentro de la intersección se ubicaron áreas de velocidad reducida (representadas con cuadros amarillos en la **Figura 24**) para los movimientos de giro, a los cuales se les asignó una velocidad de 5km/h. Adicionalmente, sobre la carrera 107B se estableció una zona de reducción de velocidad en ambos sentidos, a lo largo de todo el ancho de la calzada, con una velocidad asignada de no más de 15 km/h representando las condiciones de velocidad asociadas a la pendiente del tramo.

Figura 24.
Áreas de velocidad reducida.



Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

5.3.3 Entradas vehiculares y asignación de rutas

De acuerdo con el volumen de máxima demanda, se incorporó al modelo la cantidad de vehículos según su tipología (**Figura 25**). Además, a cada tramo vial se le asignó una ruta específica identificadas con el color amarillo (Figura 26), a la cual se le aplicó una distribución correspondiente para cada tipo de vehículo.

Figura 25.
Entradas vehiculares.

Count: 9	Number	Nom	Tramo	Volume (0)	Vehicle composition (0)
1	1	6		20,0	2: Livianos
2	2	6		152,0	3: Motos
3	3	6		8,0	4: Bus
4	4	3		4,0	2: Livianos
5	5	3		71,0	3: Motos
6	6	4		35,0	2: Livianos
7	7	4		142,0	3: Motos
8	8	4		5,0	4: Bus
9	9	4		2,0	5: Camion

Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

Figura 26.
Asignación de rutas.



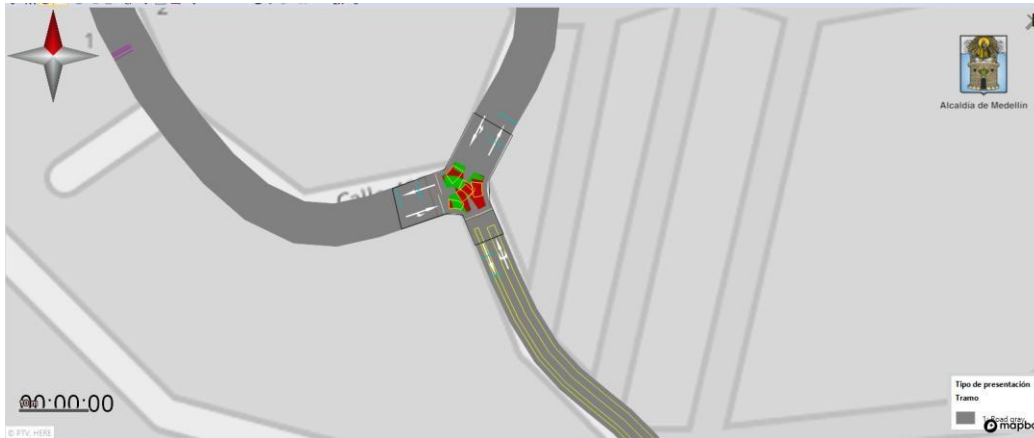
Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

5.3.4 Evaluación

Para conocer los resultados de la simulación es necesario crear un nodo, el cual es un polígono que abarca la totalidad de la intersección (**Figura 27**), con esta función es posible identificar cada movimiento vehicular y permite llevar a cabo el análisis y obtener indicadores como la cantidad de vehículos, tiempos de viaje, longitud de cola, nivel de servicio, entre otros parámetros relevantes.

Figura 27.

Nodo de evaluación



Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

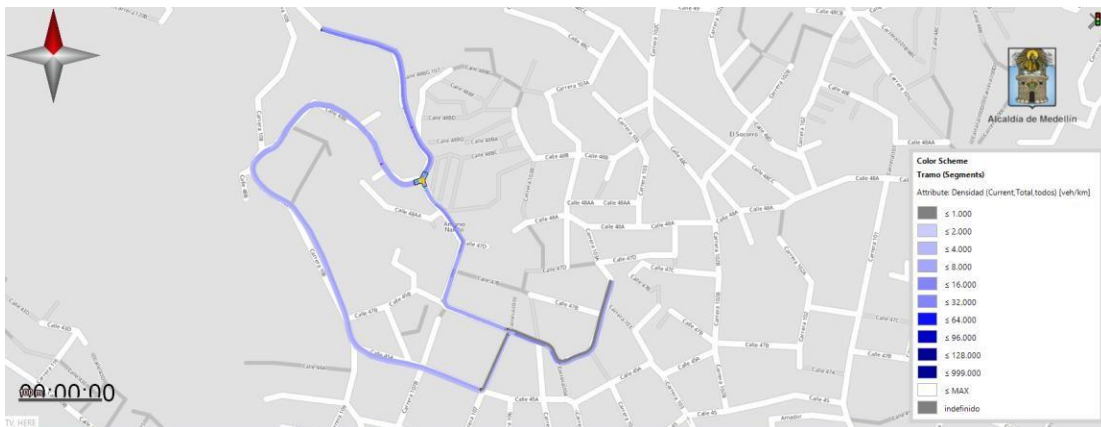
6. Resultados

6.1 Resultados escenario base

De acuerdo con los resultados de la simulación, se evidencian densidades bajas en todos los accesos, las cuales no superan los 16 veh/km. Es importante resaltar que, en este sector, la red vial está compuesta principalmente por vías de servicio, lo que explica que los volúmenes de tránsito sean moderados, en consecuencia, las velocidades de operación registradas en estos corredores oscilan entre 30 km/h y 50km/h. **(Figura 28)**

Figura 28.

Densidades vehiculares escenario base.



Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

Conforme a la evaluación del nodo se puede conocer los parámetros mencionados anteriormente para cada movimiento, a continuación, en las imágenes se presentan los resultados obtenidos **(Figura 29)**.

Figura 29.*Resultados para el nodo de evaluación.*

Count: 42	Simulation run	Time interv...	Movement	Queue length	Queue length (maxi...	Vehicles (tod...	Persons (tod...	Level of se...	Level-of-ser...
1	1	0-3600	1 - 3@238.2 - 5@...	0,17	13,22	73	73	LOS_A	1
2	1	0-3600	1 - 3@238.2 - 7@...	0,06	13,62	3	3	LOS_A	1
3	1	0-3600	1 - 4@680.4 - 5@...	0,00	0,00	143	143	LOS_A	1
4	1	0-3600	1 - 4@680.4 - 8@...	0,00	6,75	36	36	LOS_A	1
5	1	0-3600	1 - 6@244.9 - 7@...	0,11	18,20	98	98	LOS_A	1
6	1	0-3600	1 - 6@244.9 - 8@...	0,29	19,31	84	84	LOS_A	1
7	1	0-3600	1	0,10	19,31	437	437	LOS_A	1

Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

6.1.1 Volumen vehicular

De acuerdo a los resultados obtenidos para la cantidad de vehículos se obtiene lo siguiente, donde los movimientos de la fila uno a la seis de la Figura 29 se expresa en la Tabla 6. Además, se emplea el factor GEH el cual es una fórmula utilizada en ingeniería de tráfico para comparar volúmenes de tráfico observados y simulados, y se calcula con la fórmula.

$$GEH = \sqrt{\frac{(m - c)^2}{m + c}} \quad m = \text{volumen observado y } c = \text{volumen simulado}$$

Tabla 6.*Resultados GEH para nodo de evaluación.*

Movimiento	Volumen observado	Volumen simulado	Factor GEH
2(SN)	71	73	0,235
6(SW)	4	3	0,534
7(WN)	147	143	0,332
93(WS)	37	36	0,165
91(NW)	105	98	0,694
1(NS)	75	84	1,009

Un valor GEH bajo indica una buena concordancia entre los datos simulados y observados; por ejemplo, se considera un modelo validado si el 85% de los volúmenes tienen un GEH inferior a 5.0. Un valor GEH superior a 10.0 sugiere un problema significativo en el modelo o en los datos.

6.1.2 *Tiempos de viaje*

De acuerdo con las velocidades configuradas en el modelo, se obtuvieron los siguientes tiempos de viaje para cada sentido de circulación (**Figura 30**):

- Sentido Sur–Norte (Ruta alta pendiente): 67.35 s
- Sentido Norte-Sur (Ruta alta pendiente): 105.10 s
- Sentido Occidente- Norte (Ruta alterna): 118.74 s
- Sentido Norte-Occidente (Ruta alterna): 134,96 s

Figura 30.

Resultados tiempos de viaje.

Count: 4	Number	Nom	Tramolinicio	Start position	End link	End position	Distancia	Travel time (Cur...	Vehicules (Curre...
1	1 1	3		1,072 3		242,088	241,02	67,35	14
2	2 2	6		250,113 8		243,648	252,65	105,10	15
3	3 3	4		0,795 4		686,719	685,92	118,74	25
4	4 4	6		249,588 7		695,000	700,93	134,96	13

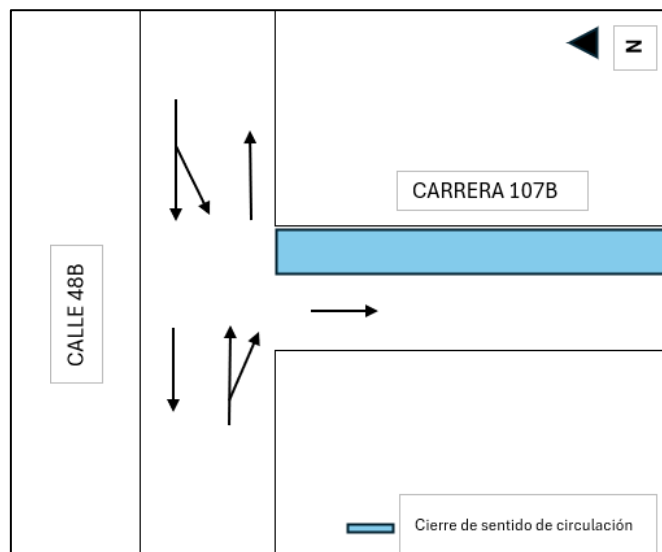
Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

6.2 Escenario Propuesto

Para esta alternativa se plantea eliminar el sentido de circulación Sur-Norte sobre el acceso sur, de modo que quede unidireccional y que sea en descenso ya sea por el acceso norte u oriental (**Figura 31**).

Figura 31.

Escenario propuesto

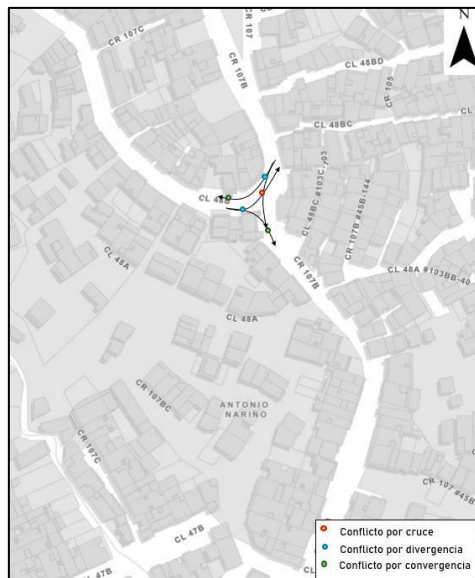


Nota. Fuente. Elaboración propia

Para este escenario los puntos de conflictos sobre la intersección se reducirían, pasando de nueve a cinco puntos de conflicto, teniendo dos por convergencia, dos por divergencia y uno por cruce. (**Figura 32**)

Figura 32.

Puntos de conflicto escenario propuesto.

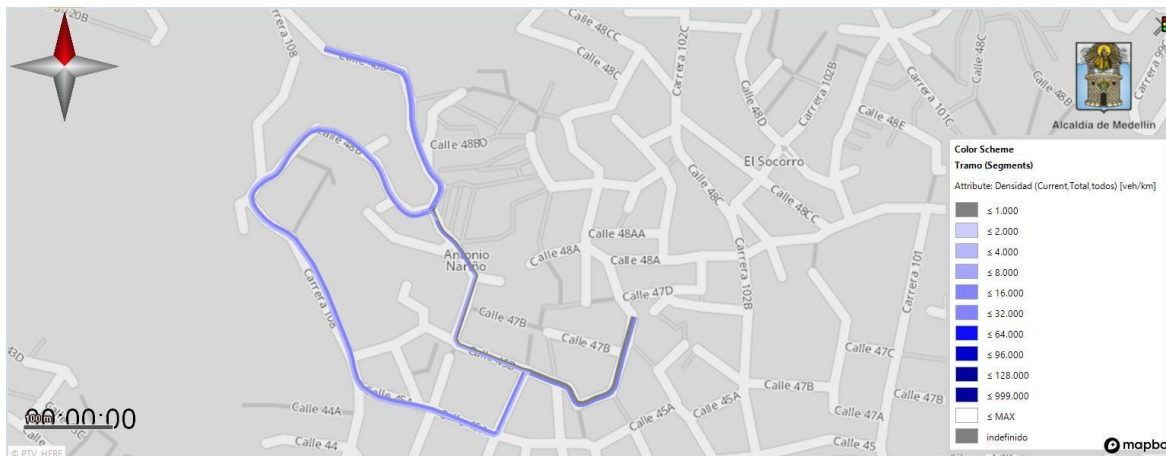


Nota. Fuente. Elaboración propia

6.2.1 Resultados escenario propuesto

En comparación con el escenario base, en este escenario se observa un incremento en la densidad vehicular sobre la carrera 108, que conecta con la calle 48B en la intersección (**Figura 33**). Esto se debe a que el volumen registrado en campo sobre el tramo de estudio de la carrera 107B fue incorporado al flujo de vehículos que llegan a la intersección por la ruta alterna planteada. No obstante, este aumento no representa una variación significativa que afecte la agilidad del tránsito, por lo que la operación vial continúa siendo fluida en este escenario.

Figura 33.
Densidad vehicular escenario propuesto.



Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

6.2.2 Volumen vehicular

Para los resultados del volumen vehicular en este nuevo escenario, se evidencia un incremento en los vehículos que se desplazan en el sentido occidente–norte, así como en aquellos que circulan en el sentido occidente–sur. Este aumento responde a la nueva demanda generada por los vehículos que ahora utilizan la carrera 108, la cual se conecta directamente con la intersección de la calle 48B con la carrera 107B. (Tabla 7, Figura 34)

Figura 34.
Resultados nodo de evaluación escenario propuesto

Count: 42	Simulation run	Time interv...	Movement	Queue leng...	Queue leng...	Vehicles (tod...	Persons (tod...	Level of servi...	Level-of-service val...
1	1	0-3600	1 - 3@238.2 - 5@...	0,00	0,00	0	0	LOS_A	
2	1	0-3600	1 - 3@238.2 - 7@...	0,00	0,00	0	0	LOS_A	
3	1	0-3600	1 - 4@680.4 - 5@...	1,38	57,85	197	197	LOS_A	1
4	1	0-3600	1 - 4@680.4 - 8@...	2,43	65,27	51	51	LOS_B	2
5	1	0-3600	1 - 6@244.9 - 7@...	1,36	26,58	97	97	LOS_A	1
6	1	0-3600	1 - 6@244.9 - 8@...	1,76	27,69	84	84	LOS_B	2
7	1	0-3600	1	1,16	65,27	429	429	LOS_A	1

Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

Tabla 7.*Volumen vehicular escenario 1.*

Movimiento	Volumen observado	Volumen escenario base	Volumen escenario 1
2(SN)	71	73	0
6(SW)	4	3	0
7(WN)	147	143	197
93(WS)	37	36	51
91(NW)	105	98	97
1(NS)	75	84	84

6.2.3 Tiempos de viaje

Para este nuevo escenario se obtuvieron los siguientes tiempos de viaje (**Figura 35.**

Resultados tiempos de viaje escenario propuesto.:

- Sentido Sur–Norte (Ruta alta pendiente): 0 s
- Sentido Norte-Sur (Ruta alta pendiente): 113.7 s
- Sentido Occidente-Norte (Ruta alterna): 135.6 s
- Sentido Norte- Occidente (Ruta alterna): 129.08 s

Figura 35.*Resultados tiempos de viaje escenario propuesto.*

Count...	Number	Nom	Tramolinicio	Start position	End link	End position	Distancia	Travel time (1, Total, todos)	Vehicles (1, Total, to...	Travel time (Current, Total, todos)	Vehicles (Current, T...
1	1 1	3		1,072 3		242,088	241,02		0		0
2	3 3	11		2,971 4		686,719	758,66	135,60	197	133,65	36
3	4 4	6		251,299 7		695,000	699,21	129,08	96	125,93	15
4	5 5	6		250,572 8		241,501	250,04	113,37	77	104,22	19

Nota. Fuente. Elaboración propia, PTV Vissim.

6.3 Análisis comparativo de escenarios

Tomando como referencia la ruta del escenario base, tanto para los vehículos que se desplazan por el tramo de alta pendiente como para aquellos que circulan por la ruta alterna de la carrera 108 llegando a la intersección de la calle 48B con la carrera 107B, se obtienen los resultados para tiempo de viaje, cantidad de vehículos, nivel de servicio, longitud de cola promedio (m)

longitud de cola máximo (m), demoras de los vehículos en parada, emisiones CO y puntos de conflicto. (**Tabla 8**)

Se tiene que para el tiempo de viaje entre la ruta de alta pendiente y la ruta alterna presenta un incremento de 68,25 s.

Al comparar los demás movimientos entre ambos escenarios, se evidencia también un aumento en los tiempos de viaje; sin embargo, estas diferencias no superan los 30 s.

Adicionalmente, se evaluó el tiempo de viaje para un vehículo de carga al cual se le restringe el movimiento en sentido Norte–Sur por el tramo de alta pendiente de la carrera 107B. Para este vehículo, al desplazarse por la calle 48B y posteriormente por la carrera 108 en sentido Norte–Occidente, se registra una diferencia de 24 s respecto a la situación actual.

Si bien el volumen vehicular en la carrera 108 aumenta al emplear la nueva ruta alterna, lo que genera una mayor longitud de cola promedio y máxima, esta variación no es lo suficientemente significativa como para afectar la operación o la capacidad de la vía, por lo que el nivel de servicio se mantiene estable.

Tabla 8.*Análisis comparativo entre escenario base y escenario propuesto.*

		Tiempo de viaje (s)	Cantidad de vehículos	Nivel de servicio	Longitud de cola promedio (m)	Longitud de cola máximo (m)	Demoras de los vehículos en parada	Emisiones CO	Puntos de conflicto
Movimiento SN (Ruta alta pendiente)	Escenario base	67,35	73	A	0,65	12,45	3,83	30,72	2
	Escenario propuesto	0	0	A	0	0	0	0	0
Movimiento NS (Ruta alta pendiente)	Escenario base	105,1	84	A	1,47	37,96	3,33	39,96	2
	Escenario propuesto	113,7	84	B	1,76	27,69	5,39	43,6	2
Movimiento WN (Ruta alterna)	Escenario base	118,74	143	A	0,68	58,47	0,49	54,7	2
	Escenario propuesto	135,6	197	A	1,38	57,85	1,29	86,73	1
Movimiento NW (Ruta alterna)	Escenario base	134,96	98	A	1,13	36,85	1,13	35,48	2
	Escenario propuesto	129,08	97	A	1,36	26,58	1,23	36,72	1

7. Análisis de resultados

A partir del análisis realizado para el tramo comprendido en la intersección de la carrera 107B con la calle 48B, y considerando los resultados obtenidos en los tiempos de viaje evaluados, se observa que las diferencias de los tiempos entre las rutas analizadas no generan un impacto significativo en la operación. En consecuencia, el cambio de sentido vial se consolida como una medida prioritaria orientada a mejorar las condiciones de seguridad vial en el sector.

Los resultados evidencian que los accesos norte y occidente concentran los mayores volúmenes vehiculares, a diferencia del acceso sur, cuyo flujo es considerablemente menor. Asimismo, en la situación actual, la intersección presenta maniobras que incrementan los puntos de conflicto, especialmente aquellos provenientes del tramo de alta pendiente, donde la visibilidad reducida y la geometría desfavorable generan interferencias entre movimientos. Estas condiciones obligan a los usuarios a realizar frenadas o maniobras bruscas, aumentando el riesgo para todos los actores viales. Además, los vehículos que actualmente ascienden por la pendiente pronunciada de la carrera 107B se enfrentan a un riesgo elevado de pérdida de control o volcamiento, situación que podría mitigarse al utilizar la ruta alterna.

Ante este panorama, la implementación del cambio de sentido vial se convierte en una estrategia fundamental para fortalecer la seguridad vial, al reducir el riesgo de volcamiento en el tramo de alta pendiente, mejorar la previsibilidad del comportamiento vehicular y disminuir el número de maniobras contrapuestas dentro de la intersección. En conclusión, desde una perspectiva de seguridad vial, el cambio en el sentido de circulación no solo es pertinente, sino necesario, ya que transforma un tramo con alta vulnerabilidad en un entorno más seguro para todos los usuarios de la vía.

8. Conclusiones y consideraciones

Para garantizar una correcta operación del nuevo sentido vial y minimizar riesgos durante la adaptación de los usuarios, se recomienda implementar un diseño de señalización vertical y horizontal que incluya señales preventivas de cambio de sentido instaladas con anticipación en el acceso norte de la intersección, la cual indique la prohibición del giro a izquierda para vehículos de carga y en el acceso sur la señal que indique la circulación de un solo sentido. Es importante señalar de forma complementaria, e informar sobre el nuevo sentido de circulación además de una adecuada iluminación para mejorar la visibilidad en horas de la noche.

De manera complementaria, se recomienda realizar un análisis de viabilidad por parte de la Gerencia de Movilidad Humana para la implementación de un sendero peatonal, considerando la actual ausencia de andenes en el sector y la necesidad de garantizar condiciones seguras para los peatones. Asimismo, se sugiere evaluar la modificación de la superficie de rodadura del tramo en pendiente, con el fin de aumentar su rugosidad y mejorar la adherencia vehicular, reduciendo así el riesgo de pérdida de control.

Referencias

- Álvarez Vargas, J. W. (2017). Micro-simulación intermodal en la ciudad del Cusco empleando los software Vissim 8 y Viswalk 8.
- Alcalá Ramos, M. A. (2016). Micro simulación del tráfico de la intersección de las avenidas Bolívar, Córdova y calle Andalucía empleando el software VISSIM 6.
- CAF - Banco de Desarrollo de América Latina. (2011). Análisis de la movilidad urbana: espacio, medio ambiente y equidad. CAF. Recuperado de: https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/414/Análisis_de_la_movilidad_urbana._Es_pacio%2c_medio_ambiente_y_equidad.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- Cal y Mayor, R. (1994). Fundamentos de ingeniería de tránsito (9.a ed.). México: Limusa. Plan de Desarrollo Local Comuna San Javier (2013). Alcaldía de Medellín. Recuperado de: https://www.medellin.gov.co/ndesarrollo/wpcontent/uploads/archivos/PDLS/pdl_C13.pdf
- PTV Group. (s.f.). Modelización del transporte. PTV Group. Recuperado de: <https://www.ptvgroup.com/es/areas-de-aplicacion/modelizacion-del-transporte>
- Salazar Solano, C. J. (2018). Análisis por micro simulación de la intersección entre la Av. Brasil y el Jr. General Borgoño empleando VISSIM