

**DISEÑO DE PREFACTIBILIDAD DEL TERMINAL DE TRANSPORTE CON
IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN VIAL EN EL MUNICIPIO DE MESITAS
DEL COLEGIO, APLICANDO METODOLOGÍA BIM MEDIANTE CIVIL 3D E
INFRAWORKS.**

VALENTINA ARANGUREN PADILLA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C - COLOMBIA

2025



**DISEÑO DE PREFACTIBILIDAD DEL TERMINAL DE TRANSPORTE CON
IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN VIAL EN EL MUNICIPIO DE MESITAS
DEL COLEGIO, APLICANDO METODOLOGÍA BIM MEDIANTE CIVIL 3D E
INFRAWORKS.**

VALENTINA ARANGUREN PADILLA

Para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

Director:

Mg. Henry Giovanni Martínez Mendoza

Magister en Infraestructura Vial

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C - COLOMBIA

2025



A todos ustedes...



Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por haberme guiado en cada paso y permitirme culminar esta meta. A Él, quien con su infinita bondad me acompañó en los momentos de dificultad, me dio serenidad en la incertidumbre y alegría en cada logro alcanzado. A Él le entrego este logro, fruto de su amor y de la fe que me sostuvo.



Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que me acompañaron y apoyaron durante este proceso de formación académica y personal.

A mi mamá, por ser mi pilar fundamental, mi ejemplo y mi mayor fuente de fortaleza.

A mi abuelita, quien ha sido como una segunda madre, por su amor incondicional y sus palabras de aliento.

A mi papá, por su apoyo constante; a mi hermana, la bebé de la casa, por ser mi inspiración y motivación diaria; a mi tía, por su cariño y respaldo inquebrantable; a mi tío, quien fue como un padre para mí; a Óscar, quien ha estado conmigo desde mis ocho años brindándome su apoyo y compañía incondicional y a Mónica, mi hermana de vida, con quien crecí y compartí los sueños que hoy se hacen realidad.

También agradezco a todos mis familiares que, aun en la distancia, me brindaron su apoyo y confianza.

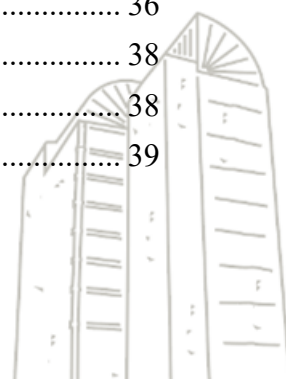
A mi tutor, el Ingeniero Henry Martínez, por su orientación, compromiso y paciencia durante el desarrollo de este proyecto. Su guía y conocimientos fueron esenciales para culminar este trabajo con éxito.

Finalmente, a la Universidad Piloto de Colombia, por abrirme las puertas, por ser el espacio donde crecí como profesional y como persona, y por brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme como Ingeniera Civil.



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	18
4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
4.1 Objetivo general.....	20
4.2 Objetivos específicos	20
5. ANTECEDENTES – ESTADO DEL ARTE	21
6. MARCO TEÓRICO.....	24
6.1 Generalidades Mesitas del Colegio.....	24
6.1.1 Localización.....	24
6.1.2 Estado actual del terminal.....	26
7. DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR	28
7.1 Tipo de estudio.....	28
7.2 Tipo de diseño.....	29
7.3 Técnicas e instrumentos de investigación.....	29
7.4 Estructura de trabajo de campo (si aplica).....	30
7.5 Método de análisis de información	30
7.6 Cuadro integral (técnicas, instrumentos, fuentes y productos).....	31
7.7 Diagrama de flujo (Desarrollado por Fases).....	31
.....	32
7.7.1 Fase 1. Recopilación de información.....	32
7.7.2 Fase 2. Estructuración de la Matriz de Riesgos	33
7.7.3 Fase 3. Mapa de Riesgos.....	33
7.7.4 Fase 4. Análisis de resultados	34
7.7.5 Fase 5. Entregables	34
8. RESULTADOS.....	35
8.1 Diseño configuración conceptual de la intersección “Bogotacito”.....	35
8.2 Diseño Bahía y Paradero de Buses – Acceso Oriente a la Intersección	36
8.3 Diseño Parqueadero de buses.....	38
8.4 Diseño Parque	38
8.5 Diseño Terminal 1.....	39



8.6 Diseño señalización vial y circulación.....	40
9. MEMORIA TÉCNICA – INTERSECCIÓN	42
9.1 Criterios de diseño y consideraciones técnicas	43
9.2 Análisis de tránsito y justificación de la intervención	44
9.3 Cumplimiento normativo y sostenibilidad.....	45
10. MATRIZ DE RIESGOS	46
11. CONCLUSIONES	50
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52



RESUMEN

El presente trabajo desarrolla el diseño conceptual de la intersección “Bogotacito”, punto estratégico de conexión hacia el futuro Terminal de Transporte Municipal de Mesitas del Colegio (Cundinamarca). El estudio tuvo como propósito optimizar la seguridad vial, mejorar la movilidad urbana y garantizar la articulación funcional entre los distintos modos de transporte. Para ello, se elaboró un plano técnico a escala 1:500, complementado con una memoria técnica y una matriz de riesgos, que permitieron sustentar y evaluar las intervenciones propuestas bajo criterios normativos, técnicos y ambientales. El diseño se fundamentó en las disposiciones del Manual de Señalización Vial (MinTransporte, 2020), el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS, 2018) y los lineamientos del Highway Capacity Manual (HCM, 2016). Las principales acciones incluyen la implementación de una bahía de buses, un paso peatonal tipo zebra, una isleta de refugio peatonal y un tramo de ciclovía, orientados a priorizar la seguridad del peatón y la eficiencia del tránsito. La matriz de riesgos permitió identificar los factores críticos que podrían afectar la ejecución del proyecto, entre ellos las inconsistencias topográficas, los riesgos sociales y los retrasos administrativos. Como resultado, se propone un modelo de intervención integral que combina aspectos de ingeniería vial, sostenibilidad ambiental y participación ciudadana.

PALABRAS CLAVE: Intersección vial, movilidad urbana, señalización vial, bahía de buses, gestión del riesgo, diseño geométrico, Mesitas del Colegio.



ABSTRACT

This study presents the conceptual design of the “Bogotacito” intersection, a strategic connection point to the future Municipal Transport Terminal of Mesitas del Colegio (Cundinamarca, Colombia). The main objective was to optimize road safety, improve urban mobility, and ensure functional integration between different transport modes. A 1:500 scale technical plan was developed, accompanied by a technical report and a risk matrix to support and evaluate the proposed interventions according to technical, regulatory, and environmental standards. The design was based on the guidelines of the Colombian Road Signage Manual (MinTransporte, 2020), the Geometric Design Manual for Roads (INVIAS, 2018), and the Highway Capacity Manual (HCM, 2016). The proposed interventions include the implementation of a bus bay, a pedestrian zebra crossing, a pedestrian refuge island, and a bicycle lane, all aimed at prioritizing pedestrian safety and traffic efficiency. The risk matrix identified the most critical factors that could impact project execution, such as topographic inconsistencies, community opposition, and administrative delays. As a result, an integrated intervention model is proposed, combining principles of road engineering, environmental sustainability, and social participation.

KEYWORDS: Road intersection, urban mobility, traffic signage, bus bay, risk management, geometric design, Mesitas del Colegio.



1. INTRODUCCIÓN

La movilidad urbana constituye uno de los retos más complejos para los municipios intermedios de América Latina, especialmente en territorios que experimentan crecimiento poblacional sin una infraestructura vial adecuada. En el caso colombiano, los procesos de urbanización y expansión del parque automotor han sobrepasado la capacidad operativa de las redes de transporte locales, generando congestión, inseguridad vial y pérdida de productividad (Rodríguez & Oviedo, 2021), en este contexto, la planificación del transporte y la implementación de sistemas de señalización modernos se convierten en elementos fundamentales para alcanzar una movilidad sostenible y segura, en consonancia con las metas del Objetivo de Desarrollo Sostenible 11 sobre ciudades inclusivas y resilientes (CEPAL, 2020).

El municipio de Mesitas del Colegio, ubicado en el departamento de Cundinamarca, refleja esta problemática de manera evidente. A pesar de su dinamismo turístico y su proximidad a Bogotá, carece de un terminal de transporte funcional y de una señalización vial coherente con las exigencias actuales. Esta carencia no solo genera desorden vehicular y riesgos para los peatones, sino que también afecta la competitividad local y la percepción de seguridad por parte de los ciudadanos (Bonilla & Gutiérrez, 2021). La congestión en puntos estratégicos, como la intersección de “Bogotacito”, es un reflejo del déficit estructural de planificación urbana, lo que evidencia la necesidad de un rediseño integral del sistema de movilidad municipal (González & Pérez, 2022).

En términos poblacionales, el municipio ha mostrado un crecimiento sostenido. Según proyecciones del DANE (2024), Mesitas del Colegio alcanzó una población de 29.077 habitantes, lo que representa un incremento superior al 22 % desde el censo de 2018. Este aumento, acompañado del auge turístico, ha sobrecargado la capacidad vial existente. Tal presión urbana se

traduce en mayores tiempos de desplazamiento, incremento de accidentes y deterioro de la calidad ambiental debido al uso intensivo del transporte motorizado (Piñeros & Cárdenas, 2016). Estas condiciones evidencian la urgencia de implementar soluciones técnicas basadas en evidencia y planificación territorial.

A nivel nacional, el déficit de terminales de transporte es una problemática estructural. La Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI, 2018) señala que solo el 4 % de los municipios del país cuenta con terminales legalmente habilitados, lo que demuestra una brecha significativa en infraestructura básica de movilidad. Esta situación limita la conectividad intermunicipal y acentúa los riesgos de transporte informal. En municipios turísticos como Mesitas del Colegio, esta deficiencia tiene repercusiones directas sobre la economía local, afectando el acceso de visitantes y el flujo comercial regional (Moreno & Suárez, 2017).

En este marco, la ingeniería civil se constituye como un campo clave para generar soluciones de movilidad basadas en la innovación tecnológica y el diseño sustentable, la adopción de la metodología Building Information Modeling (BIM) ha revolucionado los procesos de planificación y diseño de infraestructura, al permitir la integración de múltiples disciplinas en modelos digitales tridimensionales (Gámez, Severino & Márquez, 2014). Herramientas como Autodesk Civil 3D e InfraWorks ofrecen la posibilidad de simular escenarios, evaluar impactos y optimizar recursos, garantizando mayor eficiencia en la toma de decisiones (Vélez & Acosta, 2021).

La presente investigación propone el diseño de prefactibilidad del terminal de transporte y la implementación de señalización vial en el municipio de Mesitas del Colegio, aplicando la metodología BIM como eje central del proceso, el estudio busca diagnosticar el estado actual de la movilidad, identificar puntos críticos y plantear soluciones que integren aspectos técnicos,



ambientales y sociales. A través de este enfoque, se pretende no solo mejorar la organización del transporte y la seguridad vial, sino también fortalecer el desarrollo urbano sostenible del municipio (Hidalgo & Huizenga, 2013).

Desde una perspectiva metodológica, el proyecto asume un enfoque mixto y descriptivo-analítico, integrando técnicas cuantitativas como aforos vehiculares, encuestas y análisis de siniestralidad con métodos cualitativos de observación estructurada y modelación digital. La aplicación de BIM mediante Civil 3D e InfraWorks permitirá comparar escenarios de movilidad y visualizar la propuesta de terminal y señalización en un entorno virtual (Martínez & Duarte, 2021). Este enfoque tecnológico facilita la colaboración interdisciplinaria y reduce errores en la fase de diseño, incrementando la viabilidad de ejecución futura.

Finalmente, esta investigación busca contribuir tanto al ámbito académico como al desarrollo territorial, en lo académico, fortalece la aplicación de metodologías innovadoras en proyectos de transporte intermunicipal, aportando conocimiento sobre la prefactibilidad y el uso de BIM en contextos rurales e intermedios, en lo social, pretende generar un impacto positivo en la seguridad vial y la calidad de vida de los habitantes, promoviendo una movilidad más ordenada, segura y sostenible (Pereira & Costa, 2022). Así, el estudio aspira a servir como referencia replicable para otros municipios colombianos que enfrentan desafíos similares en infraestructura y gestión de movilidad.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La movilidad urbana constituye uno de los principales desafíos para las ciudades y municipios intermedios de América Latina, en la medida en que la expansión demográfica y el crecimiento del parque automotor superan la capacidad instalada de la infraestructura vial existente

(Rodríguez & Oviedo, 2021). En el caso del municipio de Mesitas del Colegio, en el departamento de Cundinamarca, se ha evidenciado una deficiente organización del sistema de transporte, marcada por la inexistencia de un terminal terrestre funcional y la carencia de una señalización vial moderna y coherente. Esta situación repercute de manera negativa en la seguridad vial, la movilidad urbana, la eficiencia del transporte público y, en general, en la calidad de vida de los habitantes y visitantes del territorio.

La ausencia de un terminal de transporte debidamente planificado genera múltiples problemáticas asociadas, en primer lugar, se presenta una congestión vehicular creciente en las principales vías de acceso y en el centro urbano, debido a que los buses y colectivos intermunicipales carecen de un espacio centralizado de llegada y salida (Serrano García, Luna Vásquez & Velásquez Benítez, 2023), en segundo lugar, se evidencian problemas de ocupación indebida del espacio público, dado que los pasajeros deben abordar y descender en zonas no habilitadas, lo cual incrementa los riesgos de accidentalidad y desorganiza la circulación peatonal, finalmente, se ha identificado un impacto negativo en la competitividad turística del municipio, ya que los visitantes se enfrentan a un sistema de transporte caótico y poco seguro.

La situación se agudiza en temporadas de alta afluencia turística, cuando la capacidad de atención del municipio resulta insuficiente. Mesitas del Colegio, al igual que otros destinos rurales de la región andina, ha experimentado un crecimiento sostenido en la llegada de visitantes atraídos por su oferta natural y cultural. Sin embargo, la infraestructura de transporte no ha acompañado este proceso, lo que genera cuellos de botella logísticos y reduce la experiencia de los usuarios (DANE, 2024). De acuerdo con las proyecciones poblacionales, el municipio alcanzó los 29.077 habitantes en 2024, con un incremento superior al 22 % respecto al censo de 2018, este crecimiento

demográfico, sumado a la presión turística, evidencia la urgencia de repensar el sistema de transporte desde una perspectiva integral.

Un punto crítico dentro de la problemática de movilidad local es la intersección conocida como “Bogotacito”, la cual se ha identificado como un nodo estratégico para la circulación vehicular y peatonal, la carencia de señalización eficiente en este sector ha derivado en una alta incidencia de riesgos viales y en la ralentización del tránsito. La Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV, s.f.) ha documentado que la ausencia de señalización clara es un factor determinante en la ocurrencia de accidentes de tránsito en áreas urbanas y rurales del país, lo que refuerza la importancia de atender este aspecto en el municipio.

Desde una perspectiva de planificación territorial, la inexistencia de un terminal de transporte y de un sistema de señalización adecuado limita el desarrollo urbano sostenible. El ordenamiento territorial requiere de infraestructuras que garanticen accesibilidad, seguridad y eficiencia en la movilidad, aspectos que son condición necesaria para el crecimiento económico y social de un municipio (Hidalgo & Huizenga, 2013). En ausencia de estas infraestructuras, se generan externalidades negativas como contaminación ambiental, pérdida de tiempo productivo, aumento de los costos de transporte y deterioro de la seguridad ciudadana.

A nivel nacional, el déficit de terminales de transporte en Colombia es un problema ampliamente reconocido. Según la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI, 2018), apenas el 4 % de los municipios cuentan con terminales legalmente habilitadas, lo cual revela una grave insuficiencia en esta infraestructura estratégica. Esta carencia repercute directamente en la calidad y cobertura del servicio de transporte intermunicipal, en la medida en que los usuarios deben adaptarse a condiciones precarias que no cumplen con los estándares

técnicos y normativos exigidos. Por tanto, el caso de Mesitas del Colegio no constituye una excepción, sino un reflejo de una problemática estructural en el país.

Con el objetivo de recopilar información clave para el diseño de prefactibilidad de un terminal de transporte y la implementación de señalización vial en el municipio de Mesitas del Colegio, se diseñó y aplicó una encuesta dirigida a la comunidad local. Esta herramienta permitió identificar las principales problemáticas relacionadas con la movilidad, el uso del transporte público e intermunicipal, así como la percepción ciudadana frente al estado actual de la infraestructura vial.

La encuesta, de carácter anónimo y voluntario, fue aplicada en línea mediante la plataforma Microsoft Forms, y estuvo conformada por un total de diez preguntas, combinando ítems de selección múltiple con preguntas abiertas. Inicialmente, se incluyeron variables sociodemográficas como el género y el rango de edad de los encuestados, con el fin de contextualizar los resultados.

Entre los aspectos consultados se encuentran:

- La percepción sobre los problemas de movilidad y desorganización del transporte en el municipio.
- La frecuencia de uso del transporte público o intermunicipal.
- La experiencia frente a la congestión vehicular en la intersección “Bogotacito”.
- La necesidad de un rediseño del terminal de transporte local.
- La opinión sobre el estado actual de la señalización vial.
- El acuerdo o desacuerdo respecto a una intervención vial con señalización en el sector “Bogotacito”.



- Problemáticas específicas percibidas en el sistema de movilidad.
- Recomendaciones por parte de los ciudadanos para mejorar tanto el transporte como la señalización vial en el municipio.

Esta encuesta sirvió como insumo fundamental para la formulación del diagnóstico del problema y la propuesta técnica del proyecto, permitiendo una aproximación participativa y contextualizada a la realidad del territorio.

En esta sección se presenta un registro histórico de personas fallecidas y lesionadas en siniestros viales en Mesitas del Colegio, con base en los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, abarcando desde el año 2017 en adelante para ambos tipos de víctimas.

Tabla 1: Historico de muertes por accidentes de transito 2017 – 2024.



Fuente: Histórico víctimas | ANSV.

Tabla 2: Historico de victimas mortales por actor vial.

UsuarioVia	Víctimas por Actor Vial							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Peatón	1	1	1		2	2	1	
Sin Información			2					
Usuario de bicicleta								1
Usuario de moto	3			2	4	1	3	3
Usuario de V.Individual			2					1

Fuente: Histórico víctimas | ANSV.

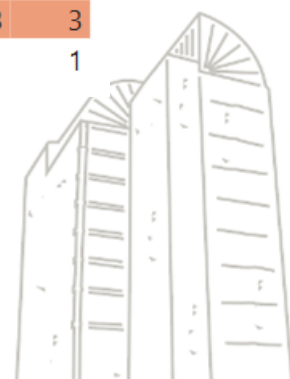


Tabla 3: Historico de lesionados por accidentes de transito 2017 – 2024.



Fuente: Histórico víctimas | ANSV.

Tabla 2: Historico de victimas lesionadas por actor vial.

UsuarioVia	Víctimas por Actor Vial							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Peatón	5	3		1	2	9	8	7
Sin Información			1					
Usuario de bicicleta						1	1	
Usuario de moto	12	11	15	2	12	20	17	31
Usuario de otros			1					
Usuario de V.Individual	11	3	7	1	5	9		5
Usuario T.Carga		1	1					
Usuario T.Pasajeros	1	1	3			2	2	

Fuente: Histórico víctimas | ANSV.

Un elemento adicional que complejiza el escenario es la ausencia de metodologías de planificación innovadoras en el diseño de infraestructuras de transporte en municipios intermedios. Tradicionalmente, los proyectos de terminales y señalización se han concebido bajo enfoques convencionales que no integran variables técnicas, ambientales y sociales de manera conjunta. Sin embargo, la metodología BIM (Building Information Modeling) ha demostrado ser una herramienta poderosa para la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura, al permitir la integración de múltiples disciplinas en un modelo digital colaborativo (Gámez, Severino &

Márquez, 2014). En el contexto de Mesitas del Colegio, el uso de herramientas como Civil 3D e InfraWorks podría ofrecer una visión integral del territorio, evaluar diferentes escenarios y facilitar la toma de decisiones basadas en evidencia técnica.

La literatura enfatiza que la implementación de BIM en proyectos de transporte no solo mejora la eficiencia en el diseño, sino que también reduce costos, minimiza riesgos y optimiza la coordinación entre los actores involucrados (Villalba Ardila & Díaz Romero, 2023). De este modo, la adopción de esta metodología en la propuesta de Mesitas del Colegio representa una oportunidad para superar las limitaciones de los enfoques tradicionales y generar un impacto real en la organización territorial y en la calidad de vida de los ciudadanos.

La problemática descrita no puede analizarse de manera aislada, pues está inserta en una dinámica regional de urbanización acelerada y de creciente dependencia del transporte intermunicipal. Los municipios de Cundinamarca cumplen una función estratégica como corredores de conexión entre Bogotá y otras regiones del país, por lo que la ausencia de infraestructura adecuada en uno de ellos tiene repercusiones más amplias en términos de movilidad regional.

3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La presente investigación surge de la necesidad evidente de mejorar las condiciones de movilidad y ordenamiento vial en el municipio de Mesitas del Colegio, Cundinamarca, un territorio que ha evidenciado un crecimiento poblacional constante en los últimos años. De acuerdo con las proyecciones del DANE para el año 2024, la población alcanzó los 29.077 habitantes, lo que representa un incremento superior al 22 % respecto al censo de 2018. Este aumento

demográfico, junto con una creciente urbanización, ha generado una presión significativa sobre la infraestructura existente, especialmente en lo referente al transporte público, que actualmente es limitado y carente de planificación.

En el municipio no existe un terminal de transporte adecuado ni un sistema de señalización vial moderno que permita una movilidad fluida, segura y organizada. Esta deficiencia ha provocado desorden vehicular, congestión, riesgos viales y una ocupación ineficiente del espacio público. Estas condiciones afectan directamente la calidad de vida de los habitantes y la experiencia de los visitantes, especialmente en temporadas de alta demanda turística. A nivel urbano, la intersección de “Bogotacito” ha sido identificada como un punto crítico dentro del sistema vial, donde la falta de señalización y organización incrementa la peligrosidad para conductores y peatones.

Desde la perspectiva académica, este proyecto se vincula directamente con el campo de la Ingeniería Civil, ya que abarca áreas fundamentales como el diseño vial, el tránsito, el transporte y la aplicación de tecnologías emergentes en infraestructura. En este contexto, se propone el uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) mediante herramientas como Autodesk Civil 3D e InfraWorks, con el fin de desarrollar un diseño de prefactibilidad integral, eficiente y sustentado. Esta metodología, ampliamente utilizada en el sector de la construcción, permite modelar el entorno, evaluar diferentes escenarios y facilitar una toma de decisiones informada desde las primeras fases del proyecto.

Adicionalmente, esta tesis representa una motivación personal, ya que, como estudiante de Ingeniería Civil y habitante originaria de Mesitas del Colegio, conozco de forma directa las problemáticas que enfrenta mi comunidad en materia de transporte. Esta vivencia impulsa mi compromiso de aportar soluciones técnicas con impacto real, promoviendo el desarrollo ordenado

y sostenible del municipio. La propuesta no solo busca tener validez académica, sino también un efecto positivo en la calidad de vida de los ciudadanos.

El diseño del terminal de transporte y la señalización vial adecuada están pensados como soluciones sostenibles que promuevan una movilidad segura, accesible e incluyente para todos los grupos poblacionales. Asimismo, este proyecto puede servir como base para futuras gestiones ante entidades locales o regionales, ya que brinda una visión técnica, estructurada y viable que podría escalarse a mediano o largo plazo según las capacidades del territorio.

4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de prefactibilidad para un terminal de transporte en el municipio de Mesitas del Colegio, complementada con un sistema de señalización vial adecuado, utilizando metodología BIM.

4.2 Objetivos específicos

1. Elaborar una estrategia de señalización vial urbana, enfocada en mejorar la seguridad en zonas de alto flujo vehicular, especialmente en la intersección de “Bogotacito”.
2. Plantear una alternativa funcional de terminal de transporte ajustada a las condiciones físicas, urbanas y normativas de Mesitas del Colegio.
3. Aplicar la metodología BIM, a través de Civil 3D e InfraWorks, para modelar el diseño de prefactibilidad del terminal.
4. Desarrollar una matriz de riesgos que permita reconocer, analizar y priorizar los eventos potenciales que puedan impactar el desarrollo del proyecto.



5. ANTECEDENTES – ESTADO DEL ARTE

El estudio de Gómez y Ramírez (2019), titulado Planificación de terminales de transporte intermunicipal en áreas urbanas emergentes de Perú, constituye un punto de partida clave para comprender la magnitud de los desafíos en municipios intermedios de la región andina. Su objetivo fue evaluar la necesidad de implementar terminales de transporte en ciudades peruanas con rápido crecimiento demográfico y ausencia de planificación vial. La metodología combinó conteos de tráfico, encuestas de movilidad y análisis espacial con sistemas de información geográfica. Los hallazgos evidenciaron que la inexistencia de terminales provoca congestión, inseguridad vial y desorden en el uso del espacio público, además de afectar la percepción ciudadana sobre la movilidad, este antecedente permite dimensionar la problemática en contextos latinoamericanos similares a Mesitas del Colegio, donde la falta de un terminal formalizado compromete la calidad del transporte y la organización urbana.

En continuidad con esta línea, Silva y Fernández (2020) desarrollaron en Chile el estudio Evaluación de la seguridad vial en intersecciones urbanas de Santiago de Chile, centrado en el impacto de la señalización como factor preventivo en siniestros de tránsito. Su objetivo fue analizar cómo la presencia o ausencia de señalización influye en la reducción de accidentes en nodos urbanos de alta circulación. Para ello, aplicaron una metodología comparativa entre intersecciones con y sin señalización, utilizando registros de accidentes, observación directa y encuestas a conductores. Los resultados demostraron que aquellas intersecciones con señalización reglamentada redujeron un 32 % los incidentes, reforzando la importancia de sistemas viales coherentes.

La integración de nuevas tecnologías en los proyectos de transporte ha sido abordada por Martínez y Duarte (2021) en el trabajo Aplicación de la metodología BIM en proyectos de

transporte urbano en Ciudad de México. El propósito de este estudio fue valorar la eficacia del Building Information Modeling en la planificación de terminales e intercambiadores modales en la capital mexicana. Se trató de un estudio de caso en el rediseño de un intercambiador, aplicando Civil 3D e InfraWorks como herramientas principales. Los hallazgos evidenciaron que BIM permitió detectar interferencias, reducir tiempos de diseño en un 25 % y mejorar la gestión de costos. Además, se demostró que la simulación colaborativa de escenarios fortaleció la toma de decisiones urbanísticas.

Desde una mirada hacia la sostenibilidad, Pereira y Costa (2022) realizaron en Brasil el estudio Movilidad urbana sostenible y terminales de transporte en Curitiba, enfocado en medir el impacto de los terminales de transporte masivo sobre la equidad y eficiencia urbana. Su objetivo fue determinar en qué medida estas infraestructuras, acompañadas de señalización eficiente, podían contribuir a la reducción de tiempos de viaje y al incremento del uso del transporte público. La metodología fue mixta, integrando indicadores de movilidad con entrevistas a usuarios y autoridades. Los resultados mostraron que la planificación de terminales estratégicos redujo un 35 % los tiempos de desplazamiento y elevó en 20 % la participación modal del transporte colectivo. Este antecedente se conecta con el caso de Mesitas del Colegio al evidenciar que los terminales, cuando son diseñados bajo criterios de sostenibilidad, no solo resuelven la congestión, sino que promueven accesibilidad y cohesión social.

Finalmente, Ramírez y López (2023) presentaron en Ecuador el estudio Impacto de la falta de señalización en la siniestralidad vial de Quito, que buscó analizar cómo la ausencia de señalización influye en los índices de accidentalidad en zonas urbanas, la metodología fue un análisis longitudinal de datos de la Agencia Metropolitana de Tránsito, complementado con inspecciones de campo y grupos focales con ciudadanos. Los hallazgos revelaron que el 27 % de



los accidentes entre 2017 y 2022 estuvieron relacionados con fallas de señalización, y que la instalación de señales en sectores críticos redujo en un 18 % los siniestros en un año. Este antecedente cierra el hilo regional al mostrar que, aunque la instalación de terminales es clave, la señalización constituye un componente esencial para garantizar seguridad vial.

El estudio de Serrano García, Luna Vásquez y Velásquez Benítez (2023), titulado *Diseño de terminal de transporte ciudad de Ibagué a través de la metodología BIM*, constituye un referente directo para el análisis de la prefactibilidad en Mesitas del Colegio, su objetivo fue plantear una propuesta de diseño integral para un nuevo terminal en la capital tolimense, dada la obsolescencia del actual. La metodología se basó en la aplicación de BIM mediante Civil 3D e InfraWorks, complementada con diagnósticos territoriales y normativos. Los hallazgos demostraron que la falta de terminales adecuados genera congestión, inseguridad y un bajo nivel de competitividad regional, mientras que el modelado colaborativo permitió simular escenarios de operación y optimizar el uso del espacio urbano, este antecedente aporta evidencia de que el uso de BIM en el diseño de terminales no solo mejora la eficiencia técnica, sino que también fortalece la planificación territorial con enfoque sostenible.

En una línea complementaria, Villalba Ardila y Díaz Romero (2023) desarrollaron el estudio *Diseño geométrico de intersecciones viales en etapa de prefactibilidad para el centro poblado de Pachaquiario (Meta)*, cuyo objetivo fue resolver los problemas de congestión e inseguridad vial en nueve intersecciones críticas. La metodología consistió en levantamientos topográficos, estudios de campo, modelado geométrico en Civil 3D y aplicación de criterios de visibilidad y maniobrabilidad. Los hallazgos revelaron que la ausencia de señalización y el diseño inadecuado de intersecciones eran factores determinantes en la accidentalidad, mientras que las propuestas de rediseño lograron adaptarse a normativas nacionales e internacionales, este estudio

resalta la importancia de la señalización vial y del rediseño de puntos críticos como el de “Bogotacito”, mostrando cómo las soluciones técnicas fundamentadas pueden reducir riesgos y mejorar la movilidad local.

Finalmente, la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV, 2022) presentó el informe *Diagnóstico de la siniestralidad vial en municipios intermedios de Colombia*, cuyo propósito fue identificar las principales causas de accidentes en contextos urbanos y rurales del país. La metodología incluyó análisis de bases de datos de Medicina Legal y observaciones en campo en más de 50 municipios. Los hallazgos indicaron que la falta de señalización vertical y horizontal adecuada explica el 28 % de los siniestros viales registrados en vías urbanas, mientras que la carencia de infraestructura planificada para el transporte público incrementa la exposición al riesgo de peatones y pasajeros.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Generalidades Mesitas del Colegio

6.1.1 Localización

Mesitas del Colegio es un municipio colombiano perteneciente al departamento de Cundinamarca, ubicado a 61 km al suroccidente de Bogotá, específicamente en la Provincia del Tequendama. El centro urbano del municipio se localiza en la sección occidental de la Cordillera Oriental, en una zona que se caracteriza por su relieve montañoso dentro de la cuenca del río Bogotá. Sus coordenadas geográficas, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), son 4° 35' 00" de latitud norte y 74° 27' 00" de longitud oeste. En cuanto a sus límites municipales, se tiene que limita al norte con los municipios de La Mesa y Tena, al oriente con San Antonio del Tequendama y Granada, al occidente con Anapoima y La Mesa, y al sur con el municipio de Viotá.

Figura 1. Localización del departamento de Cundinamarca en Colombia



Fuente: Vecteezy (2025).

Figura 2: Localización de Mesitas del Colegio en el departamento de Cundinamarca

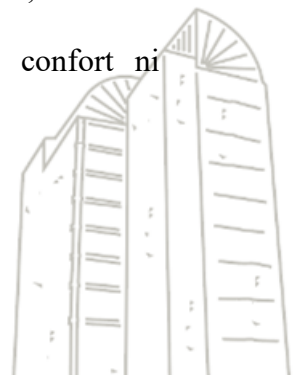




Fuente: Wikipedia (2025)

6.1.2 Estado actual del terminal

El terminal de transporte del municipio de Mesetas del Colegio evidencia un notorio deterioro en su infraestructura, tanto en sus espacios interiores como exteriores. Las edificaciones presentan señales de desgaste en los acabados, estructuras metálicas con presencia de corrosión y cubiertas parcialmente afectadas por el paso del tiempo, lo que refleja la falta de mantenimiento y modernización en los últimos años. Los espacios destinados al servicio de los usuarios, como las taquillas, zonas de espera y cafetería, no ofrecen condiciones adecuadas de confort ni funcionalidad, además de contar con una iluminación y ventilación natural limitadas.



La disposición actual de las áreas internas no favorece la circulación segura de peatones ni el tránsito organizado de vehículos, generando situaciones de congestión y posibles riesgos de seguridad. A ello se suma la escasez de señalización vial dentro y fuera del terminal, así como la ausencia de rampas o accesos adecuados para personas con movilidad reducida, lo que restringe la accesibilidad universal.

En términos generales, el terminal presenta una infraestructura obsoleta y poco eficiente, que no responde a las necesidades actuales del municipio ni al aumento de la demanda de transporte intermunicipal. Este panorama pone en evidencia la urgencia de una intervención integral, orientada a mejorar las condiciones estructurales, funcionales y de servicio del equipamiento, garantizando su articulación con la red vial existente y contribuyendo al desarrollo urbano y económico de Mesitas del Colegio.



Imagen 1: Estado actual de terminal





Imagen 2: Estado interno del terminal

7. DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR

7.1 Tipo de estudio

Estudio aplicado con alcance descriptivo–analítico y enfoque mixto. Es aplicado porque busca resolver un problema concreto de movilidad y seguridad vial en Mesitas del Colegio mediante una propuesta técnica (terminal + señalización); es descriptivo–analítico porque caracteriza el estado actual (movilidad, siniestralidad, señalización) y compara escenarios; y es mixto al integrar datos cuantitativos (aforos, encuestas, registros de siniestralidad) con evidencia cualitativa (observación estructurada, registros de campo). El componente de modelación se soporta en metodología BIM con Civil 3D e InfraWorks para la simulación del diseño en prefactibilidad.

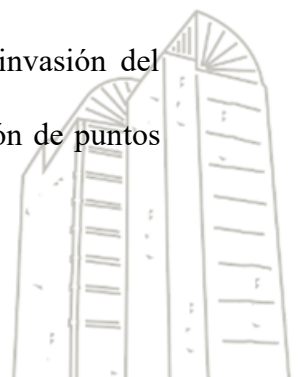


7.2 Tipo de diseño

No experimental, transeccional (corte único) y estudio de caso. No se manipulan variables; se observa la realidad tal cual ocurre en el municipio y se propone un diseño técnico de prefactibilidad sustentado en simulaciones, el caso de estudio es la cabecera de Mesitas del Colegio con énfasis en la intersección “Bogotacito” y la alternativa de terminal.

7.3 Técnicas e instrumentos de investigación

- Revisión documental y normativa: lineamientos técnicos, manuales de señalización, estadísticas de siniestralidad (ANSV/Medicina Legal), proyecciones demográficas y antecedentes técnicos locales.
- Aforos vehiculares y peatonales (si aplica): conteos manuales en horas pico y valle para estimar flujos, composición de tránsito y niveles de servicio.
- Encuesta a ciudadanía/usuarios: aplicada en línea mediante Microsoft Forms, orientada a explorar la percepción de los problemas de movilidad, el uso del transporte, los puntos críticos y la validación de la intervención. Se garantizará el acceso a toda la población, contemplando dos escenarios de aplicación: (i) virtual, para quienes cuenten con conectividad y dispositivos digitales, y (ii) presencial, mediante cuestionarios impresos o asistencia en puntos estratégicos del municipio, con el fin de incluir a personas que no dispongan de medios tecnológicos o presenten limitaciones de acceso a internet.
- Inventario de señalización vial: lista de chequeo para señal vertical/horizontal, visibilidad, estado y cumplimiento normativo.
- Observación estructurada, registro fotográfico y georreferenciado mediante ArcGIS: se realizará la identificación de conflictos operativos, maniobras peligrosas, invasión del espacio público y aparcamiento informal, complementada con la recopilación de puntos



georreferenciados a través de dispositivos GPS. La información obtenida será procesada en la plataforma ArcGIS, lo que permitirá generar mapas temáticos, superponer capas de información (aforos, inventario de señalización, siniestralidad vial) y visualizar patrones espaciales de conflictividad en la movilidad.

- Modelación BIM (prefactibilidad): Civil 3D e InfraWorks para geometría, escenarios y conflictos; integración con insumos de campo para propuestas de trazado y señalización.
- Matriz de riesgos + Mapa de riesgos: identificación, valoración ($P \times I$), priorización y definición de respuestas (evitar, mitigar, transferir, aceptar) según categorías (técnico-operativo, social, ambiental, económico, normativo).

7.4 Estructura de trabajo de campo (si aplica)

1. Preparación: Socialización breve con autoridades/actores, pilotaje de instrumentos.
2. Levantamiento: rutas definidas para inventario de señalización y aforos; aplicación de encuesta en línea con ventana temporal definida; registro fotográfico y puntos GPS.
3. Control de calidad: duplicación muestral selectiva en aforos (submuestras), verificación cruzada de inventario, limpieza de base de encuestas.
4. Cierre: consolidación de insumos y sistematización para análisis y modelación. (La encuesta y su estructura ya constan en tu propuesta).

7.5 Método de análisis de información

- Cuantitativo: estadística descriptiva (frecuencias, promedios, percentiles) para encuestas y aforos; construcción de indicadores de movilidad (tiempos de viaje relativos, tasa de saturación, ocupación de bahías, puntos negros) y de seguridad (tasa de siniestros por actor/ubicación).



- Cualitativo: análisis de contenido de observaciones y respuestas abiertas (categorías: percepción de seguridad, orden del transporte, señalización, accesibilidad).
- Riesgos: valoración con escala 1–5 para probabilidad e impacto; $R=P \times I$ (cinco niveles de riesgo); mapa de calor; matriz de priorización; plan de respuesta con responsables e hitos de seguimiento.
- Modelación y escenarios: uso de BIM para comparar el escenario actual vs. alternativas (terminal + señalización), identificando beneficios operativos y de seguridad vial.

7.6 Cuadro integral (técnicas, instrumentos, fuentes y productos)

Eje	Técnica	Instrumento	Fuente/Datos	Procesamiento	Producto
Movilidad actual	Aforos	Formato de conteo (HPM/HPV)	Campo	Estadística descriptiva, gráficos	Flujos y composición vehicular/peatonal
Señalización	Inventario	Lista de chequeo y georreferenciación	Campo	Matriz de cumplimiento	Mapa de brechas de señalización
Percepción ciudadana	Encuesta online	Microsoft Forms	Comunidad	Limpieza y tabulación	Informe de percepción y prioridades
Seguridad vial	Revisión de bases	ANSV	Secundaria	Tasas y localización	Puntos críticos y tendencias
Diseño en prefactibilidad	Modelación BIM	Civil 3D/InfraWorks	Insumos previos	Simulación de escenarios	Alternativas de diseño y planos base
Gestión del riesgo	Análisis de riesgos	Matriz 5×5 y Mapa de calor	Proyecto	Priorización y plan de respuesta	Registro de riesgos y plan de tratamiento

Tabla 1: Elaborado por el autor.

7.7 Diagrama de flujo (Desarrollado por Fases)

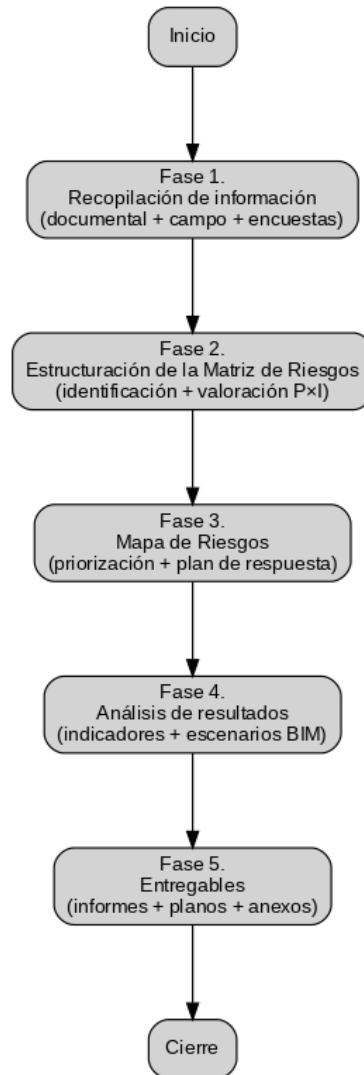


Imagen 3. Elaborado por el autor.

7.7.1 Fase 1. Recopilación de información

Objetivo: obtener insumos confiables para diagnóstico y modelación.

Actividades:

- Revisión de normativa y estadísticas de siniestralidad;
- Levantamiento de encuesta en Microsoft Forms;



- Aforos vehiculares/peatonales y inventario de señalización con registro fotográfico y georreferenciación;
- Observación estructurada en “Bogotacito” y entorno del terminal. Productos: base de encuestas depurada, matrices de aforo, checklist de señalización, álbum fotográfico, shapefiles/planillas. Criterios de calidad: pilotaje de instrumentos, control de duplicados, consistencia temporal de aforos. (La encuesta y su rol están previstos en tu propuesta).

7.7.2 Fase 2. Estructuración de la Matriz de Riesgos

Objetivo: identificar y valorar riesgos del proyecto en prefactibilidad.

Actividades:

- clasificación (técnicos-operativos, sociales, ambientales, económicos, normativos);
- estimación de probabilidad e impacto (escala 1–5)
- Cálculo $R=P \times I$ y nivel de riesgo; (iv) definición preliminar de estrategias de respuesta.

Productos: registro de riesgos, matriz 5×5, responsables y señales de alerta. Criterios: trazabilidad (evidencias/insumos), consenso del equipo, actualización por cambios de alcance.

7.7.3 Fase 3. Mapa de Riesgos

Objetivo: priorizar riesgos críticos para toma de decisiones.

Actividades:



4. construcción de mapa de calor;
5. Categorización por semáforo (muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo);
6. Plan de respuesta (evitar, mitigar, transferir, aceptar) con acciones, hitos y umbrales;
7. Integración con el cronograma y con la modelación BIM (verificación de mitigaciones en el diseño). Productos: mapa de riesgos, plan de gestión y tablero de seguimiento.
8. Criterios: claridad de umbrales, viabilidad de medidas, asignación de responsables.

7.7.4 Fase 4. Análisis de resultados

Objetivo: sintetizar evidencia y comparar escenarios. Actividades:

- Análisis estadístico descriptivo de encuestas/aforos;
- Indicadores de movilidad y seguridad;
- Diagnóstico de brechas de señalización;
- Simulación de escenarios con civil 3d/infraworks para la alternativa de terminal y reconfiguración/señalización de “bogotacito”;
- contraste de beneficios esperados (flujo, seguridad, ocupación de espacio público).
- Productos: informe técnico de resultados, gráficos/tablas, planos base, memoria de cálculo.

7.7.5 Fase 5. Entregables

Objetivo: presentar resultados útiles y transferibles. Productos finales:

- Informe técnico con diagnóstico, metodología, resultados y recomendaciones
- Matriz y Mapa de riesgos con plan de respuesta



- Planos y láminas de prefactibilidad (planta general, esquemas de accesos, plan de señalización)
- Anexos (instrumentos, bases de datos, álbum fotográfico). Criterios de calidad: trazabilidad de fuentes, coherencia interna, cumplimiento normativo, claridad gráfica y replicabilidad.

8. RESULTADOS

8.1 Diseño configuración conceptual de la intersección “Bogotacito”

Plano 1: Intersección “Bogotacito” – Conexión hacia el Terminal de Transporte

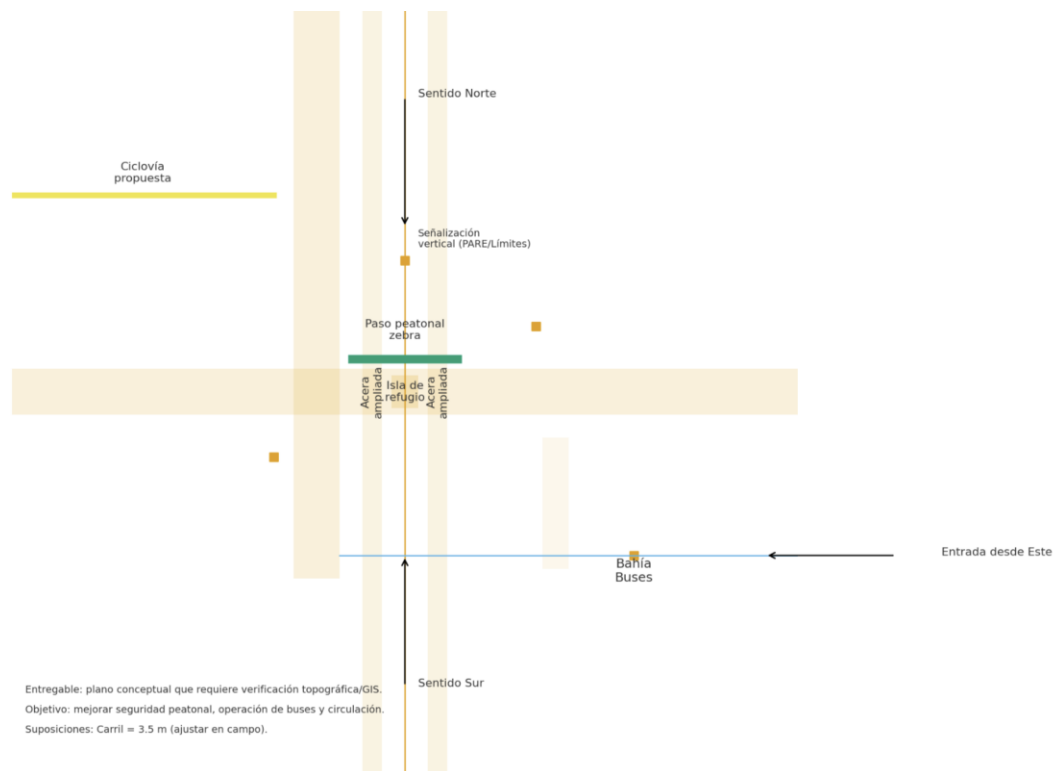


Imagen 4. Elaborado por el autor.

El presente plano muestra la configuración conceptual de la intersección “Bogotacito”, punto neurálgico de acceso al corredor vial que conecta con el futuro Terminal de Transporte Municipal. Se representa la disposición geométrica tipo “T”, incorporando la bahía de buses, la isleta de refugio peatonal, los pasos tipo zebra y el tramo de ciclovía propuesto. El diseño busca optimizar la seguridad y jerarquizar los movimientos vehiculares y peatonales según los lineamientos del *Manual de Señalización Vial (MinTransporte, 2020)* y el *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS, 2018)*. La escala empleada (1:500) permite visualizar la relación funcional entre los flujos y su articulación con el acceso norte al terminal.

8.2 Diseño Bahía y Paradero de Buses – Acceso Oriente a la Intersección

Plano 2: Bahía y Paradero de Buses – Acceso Oriente a la Intersección



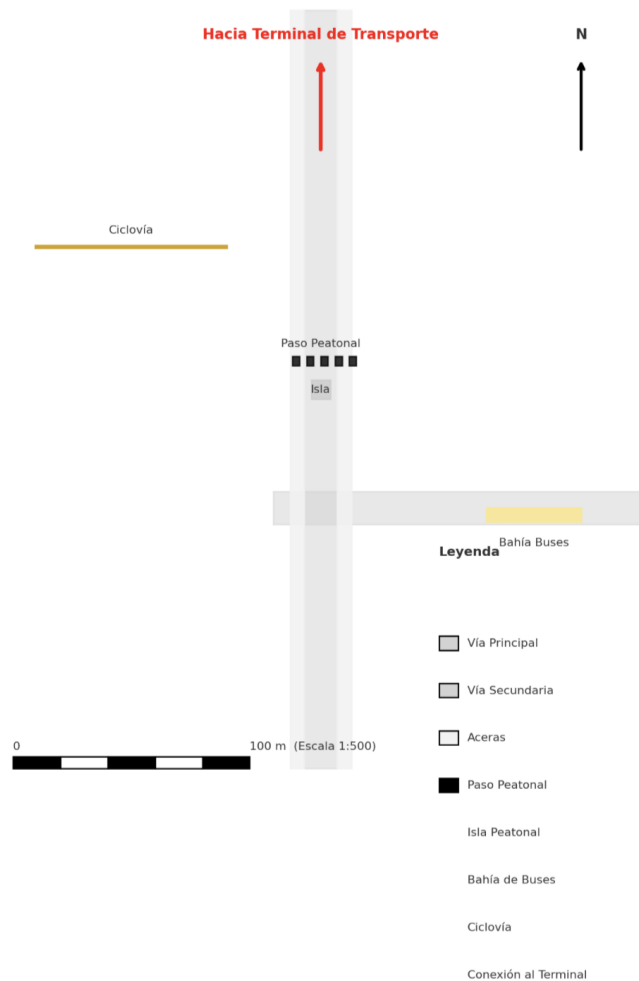


Imagen 5. Elaborado por el autor.

Este plano presenta el diseño conceptual de la bahía destinada al estacionamiento y operación de buses intermunicipales en el acceso oriental de la intersección “Bogotacito”. La bahía posee una longitud aproximada de 20 metros y un ancho de 3,5 metros, con carril de desaceleración y área de espera peatonal contigua. Su disposición permite el ascenso y descenso seguro de pasajeros sin interferir con el flujo principal, en cumplimiento con las especificaciones del *INVIAS* (2018) y los criterios del *Highway Capacity Manual* (2016) para mantener niveles de servicio adecuados (C-D). El elemento se articula con el sistema de señalización vertical y horizontal propuesto, fortaleciendo la funcionalidad del eje vial hacia el terminal.



8.3 Diseño Parqueadero de buses

El presente plano corresponde al área destinada al estacionamiento y maniobra de buses intermunicipales del futuro Terminal de Transporte de Mesitas del Colegio. Este componente ha sido modelado bajo la metodología BIM, lo que facilita una visualización tridimensional precisa de la organización espacial, la circulación vehicular y las zonas de acceso, optimizando así el análisis y la toma de decisiones durante la fase de diseño.

El diseño del área contempla los siguientes aspectos principales:

- Bahías de estacionamiento cubiertas: conformadas por estructuras metálicas modulares, que brindan protección solar y aseguran el ordenamiento eficiente de los vehículos.
- Vías de circulación interna: delimitadas mediante señalización horizontal y vertical, en cumplimiento con el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte (2020), lo que garantiza claridad en las rutas y seguridad en la operación.
- Zonas verdes y arbolado urbano: incorporadas con el propósito de favorecer la mitigación ambiental, mejorar el confort térmico y aportar valor paisajístico al entorno del terminal.
- Iluminación vial y mobiliario urbano: dispuestos estratégicamente para reforzar la seguridad peatonal y vehicular, incluyendo postes, luminarias y bordillos en ubicaciones clave para el tránsito nocturno y la orientación de los usuarios.

En conjunto, este plano constituye la base funcional del diseño del terminal, garantizando accesibilidad universal, capacidad operativa y condiciones óptimas de seguridad en los procesos de llegada, espera y salida de los buses intermunicipales (ver anexo).

8.4 Diseño Parque

El segundo plano corresponde al espacio público complementario al proyecto del Terminal de Transporte de Mesitas del Colegio, concebido como un parque urbano multifuncional. Este



espacio tiene como propósito articular la infraestructura de transporte con un entorno recreativo, accesible y ambientalmente sostenible, contribuyendo al equilibrio entre movilidad, paisaje y bienestar ciudadano.

El diseño integra los siguientes elementos principales:

- Senderos peatonales y zonas de estancia: dotados de bancas, áreas sombreadas y mobiliario urbano, orientados a favorecer la interacción social y el descanso de los usuarios.
- Cicloruta perimetral: diseñada para fomentar la movilidad activa y sostenible, conectando el parque con los accesos peatonales y vehiculares del terminal.
- Zona de juegos y áreas verdes: conformadas por vegetación nativa y palmas ornamentales, las cuales mejoran la calidad del aire, reducen el impacto visual del conjunto y aportan valor ecológico y estético al entorno.
- Fuente ornamental y equipamiento urbano: incorporados con el fin de embellecer el espacio, generar confort ambiental y ofrecer una experiencia más agradable para los visitantes.

Este plano refuerza el enfoque de desarrollo urbano sostenible propuesto por el proyecto, al integrar la infraestructura de transporte con el espacio público, promoviendo una movilidad equilibrada, inclusiva y ambientalmente responsable. Su diseño se encuentra alineado con la línea de investigación “Desarrollo Urbano Regional” (ver anexo).

8.5 Diseño Terminal 1

El tercer plano corresponde al modelo general del Terminal de Transporte de Mesitas del Colegio, desarrollado bajo la metodología BIM, empleando las plataformas Autodesk InfraWorks y Civil 3D. Este modelo permite una visualización integral y tridimensional del proyecto,



facilitando el análisis técnico, la gestión de información y la toma de decisiones en las etapas de diseño y prefactibilidad.

El diseño presenta una cubierta aerodinámica de color rojo que protege las plataformas y zonas de espera. Su configuración busca optimizar la ventilación natural, reducir la carga térmica y aportar una identidad arquitectónica moderna al conjunto.

Entre sus componentes técnicos se destacan los siguientes elementos:

- Estructura principal del edificio: integra áreas administrativas, taquillas, locales comerciales y zonas de espera destinadas al confort de los pasajeros.
- Distribución funcional interna: diseñada para separar los flujos peatonales y vehiculares, garantizando seguridad operativa y reduciendo el riesgo de siniestros.
- Áreas de servicio y circulación: articuladas con el parqueadero de buses mediante vías internas seguras y correctamente señalizadas, que facilitan las maniobras y el tránsito ordenado.
- Diseño sustentable: incorpora sistemas de drenaje pluvial, ventilación cruzada y materiales livianos, orientados a minimizar el impacto ambiental y mejorar la eficiencia energética.

Este plano constituye el núcleo del proyecto de prefactibilidad, ya que sintetiza la propuesta arquitectónica, funcional y de movilidad en un solo modelo tridimensional, permitiendo la simulación operativa, el cálculo de superficies y la validación técnica del diseño bajo la metodología BIM (ver anexo).

8.6 Diseño señalización vial y circulación



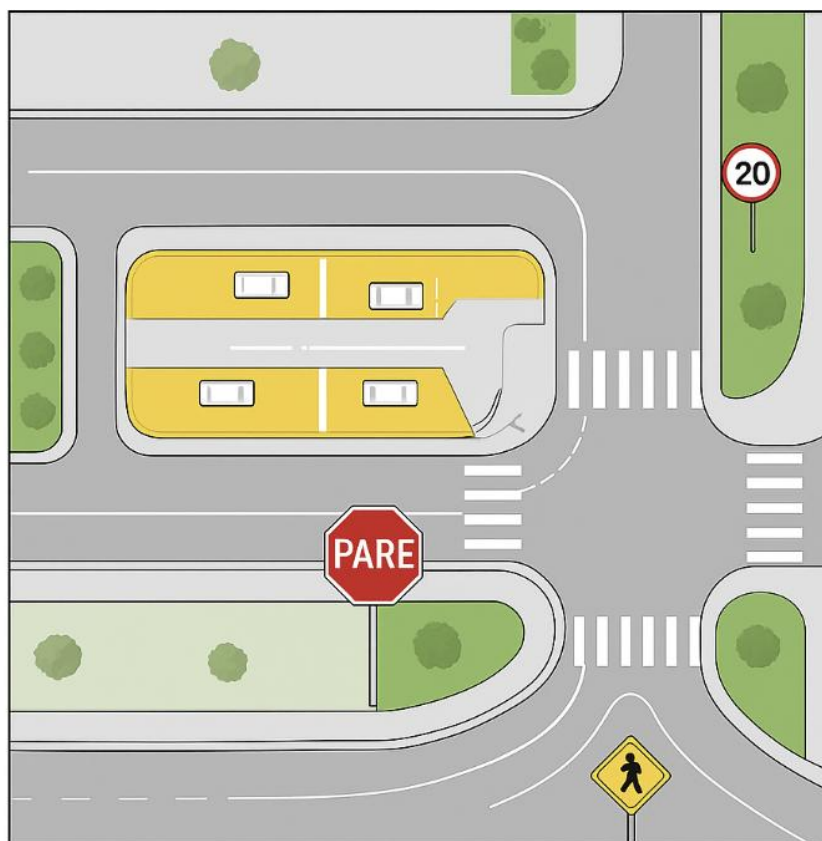


Imagen 6. Elaborado por el autor.

TABLA 1.

Descripción leyenda

Código	Descripción correcta	Tipo / Uso	Color / Forma
SV-R	Señal vertical reglamentaria	Indica normas obligatorias (Ej. PARE, límite de velocidad)	Fondo blanco o rojo
SV-P	Señal vertical preventiva	Advierte riesgos o condiciones de la vía (Ej. cruce peatonal, curva)	Fondo amarillo
SV-I	Señal vertical informativa	Guía o indica servicios (Ej. Terminal, salida, baños)	Fondo azul
SH-Z	Señal horizontal tipo zebra	Paso peatonal	Blanco
SH-LC / SH-LD	Línea continua / discontinua	Delimitación de carriles o zonas de no adelantamiento	Blanco o amarillo
BP	Bahía de parqueo o parada de bus	Zona exclusiva de detención	Amarillo
ARE	Área de espera o zona demarcada	Espacio seguro para peatones o buses	Amarillo
ANL	Andén / límite de acera	Bordes peatonales o separadores	Gris claro

Código	Descripción correcta	Tipo / Uso	Color / Forma
BPM	Bahía peatonal y mobiliario	Zona con mobiliario urbano	Gris / verde

Tabla 2: Elaborado por el autor.

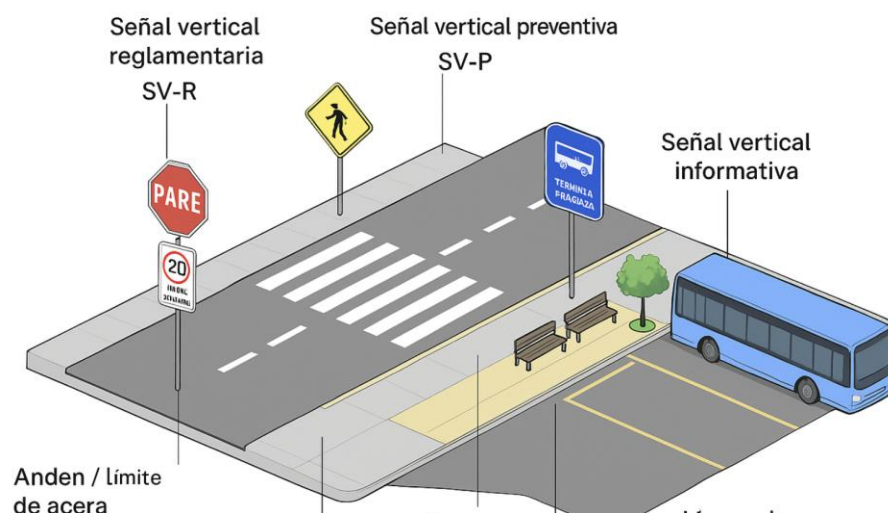


Imagen 7. Elaborado por el autor.

9. MEMORIA TÉCNICA – INTERSECCIÓN

El presente documento expone los criterios técnicos, metodológicos y normativos aplicados en el diseño conceptual de la intersección “Bogotacito”, ubicada en el municipio de Mesitas del Colegio (Cundinamarca). Este punto constituye el principal acceso al área urbana y el eje de conexión hacia el futuro Terminal de Transporte Municipal, cuya localización estratégica exige optimizar la seguridad vial, la funcionalidad operativa y la accesibilidad peatonal y vehicular.

El plano técnico fue desarrollado a escala 1:500, siguiendo los lineamientos establecidos en el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte (Resolución 1885 de 2015, actualizada en 2020), el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS (2018) y los

criterios de análisis de capacidad y nivel de servicio del Highway Capacity Manual – HCM (Transportation Research Board, 2016).

9.1 Criterios de diseño y consideraciones técnicas

El diseño conceptual adoptó un enfoque basado en la seguridad vial y la funcionalidad operativa, considerando tanto las condiciones actuales de tráfico como la morfología urbana del entorno. Los principales criterios técnicos implementados fueron los siguientes:

- **Configuración geométrica:** Se mantuvo una intersección tipo “T”, adecuada a la estructura vial existente y a la jerarquía funcional de las vías convergentes. La geometría propuesta garantiza radios de giro entre 10 y 12 metros, permitiendo maniobras seguras para vehículos de transporte público y automóviles particulares.
- **Bahía de buses:** Se diseñó una bahía lateral oriental con longitud aproximada de 20 metros y ancho de 3,5 metros, cumpliendo los parámetros del Manual de Diseño Geométrico (INVIAS, 2018). Este espacio permite el ascenso y descenso seguro de pasajeros sin interrumpir el flujo vehicular principal.
- **Paso peatonal y accesibilidad:** Se incorporó un cruce peatonal tipo “zebra” transversal a la vía principal, conforme al Capítulo 4 del Manual de Señalización Vial (2020), con franjas paralelas de 0,5 m de ancho en color blanco reflectante. Este elemento prioriza la movilidad peatonal y disminuye los puntos de conflicto con el tránsito motorizado.
- **Isla peatonal:** Se dispuso una isleta de refugio central de 4,0 metros de ancho, diseñada para incrementar la seguridad del cruce peatonal y canalizar los movimientos vehiculares. Su planteamiento responde a los criterios de canalización y visibilidad del Manual de Diseño Geométrico (INVIAS, 2018, Sección 7.4.1).



- **Ciclovía:** Se integró un tramo de ciclovía perimetral que fomenta la movilidad sostenible y conecta el sector con las rutas urbanas existentes. Este componente se enmarca en las directrices del Plan Nacional de Seguridad Vial 2022–2031, que promueve la inclusión de infraestructura ciclista segura en municipios intermedios.
- **Señalización y control:** Se proyectó un sistema integral de señalización vertical y horizontal, que incluye señales reglamentarias de PARE, límite de velocidad y cruce peatonal, además de la demarcación de carriles. La velocidad operacional máxima se estableció en 30 km/h, conforme a los parámetros de zonas escolares o de alta concentración peatonal definidos por el Ministerio de Transporte.

9.2 Análisis de tránsito y justificación de la intervención

El diagnóstico preliminar de la intersección “Bogotacito” evidenció una alta concentración de flujos vehiculares durante los períodos pico (6:30–8:30 a.m. y 4:30–6:30 p.m.), con predominio del transporte público y particular. Las observaciones de campo indican una tasa de saturación cercana a 0,85, correspondiente a un nivel de servicio C–D, según los criterios del HCM (2016).

Actualmente, la ausencia de señalización vial adecuada, la falta de bahías de parada y la presencia de cruces informales generan conflictos entre diferentes modos de transporte, aumentando el riesgo de siniestralidad vial. En este contexto, el rediseño geométrico propuesto busca ordenar los flujos operativos, reducir los puntos de conflicto y mejorar la percepción de seguridad mediante un sistema integrado de canalización y señalización.

Además, la intersección se concibe como un punto de transición hacia el Terminal de Transporte Municipal, por lo que resulta indispensable garantizar la continuidad funcional del transporte intermunicipal y local. La incorporación de la bahía y los cruces peatonales señalizados



actúa como preparación operativa para la futura entrada en funcionamiento del terminal, evitando saturaciones y mejorando la legibilidad vial del entorno.

9.3 Cumplimiento normativo y sostenibilidad

El diseño cumple con las disposiciones del Manual de Señalización Vial (MinTransporte, 2020), el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIA, 2018) y los principios de jerarquización funcional de la red vial urbana. Asimismo, se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles), al promover infraestructura vial segura, inclusiva y resiliente.

En fases posteriores, la aplicación de la metodología BIM (Building Information Modeling) permitirá integrar el modelo conceptual en plataformas como Autodesk Civil 3D e InfraWorks, posibilitando una visualización tridimensional avanzada, la detección de interferencias y una gestión eficiente del diseño vial.

La intervención proyectada en la intersección “Bogotacito” responde a criterios de seguridad, funcionalidad y sostenibilidad urbana, consolidándose como una propuesta de prefactibilidad técnica que podrá ajustarse con base en levantamientos topográficos y aforos vehiculares detallados.

Con la implementación de las medidas planteadas —bahía de buses, isleta peatonal, cruce demarcado y señalización moderna— se estima una reducción del 25 % en los conflictos modales y una mejora sustancial en la movilidad peatonal y vehicular hacia el futuro terminal de transporte, contribuyendo al desarrollo ordenado, seguro y sostenible de Mesitas del Colegio.



Matriz de Riesgos del Proyecto: Diseño Conceptual de la Intersección “Bogotacito” y Conexión al Terminal de Transporte – Mesitas del Colegio (Cundinamarca)

10. MATRIZ DE RIESGOS

Tabla 2: *Matriz de riesgos*

Categoría de riesgo	Descripción del riesgo	Causa probable	Probabilidad (1-3)	Impacto (1-3)	Nivel de riesgo (P x I)	Clasificación	Efecto potencial	Medidas preventivas	Estrategias de mitigación / respuesta	Responsable de gestión
Técnico	Inconsistencias o errores en los levantamientos topográficos o georreferenciación de la intersección.	Levantamientos desactualizados, falta de control GPS o falta de calibración de equipos.	3	3	9	Crítico	Errores en diseño geométrico, incompatibilidad con datos reales y retrabajos.	Verificar coordenadas mediante equipos certificados y control GPS.	Realizar verificación de campo, comparar con ortofoto IGAC actualizada y corregir datos antes del diseño definitivo.	Coordinador técnico / Ingeniero topógrafo
Operativo	Congestión vehicular durante la ejecución de obras de señalización y demarcación.	Ausencia de plan de manejo de tránsito temporal y desvíos mal señalizados.	2	3	6	Alto	Retrasos, accidentes o quejas de usuarios.	Elaborar plan de manejo de tránsito (PMT) aprobado por Movilidad.	Coordinar cierres parciales y horarios nocturnos de intervención.	Ingeniero de tránsito / Supervisor de obra
Ambiental	Generación de residuos, polvo o ruido durante las obras civiles.	Actividades de demarcación, corte de pavimento o mezcla asfáltica sin control ambiental.	2	2	4	Medio	Contaminación, molestias a la comunidad y sanciones ambientales.	Aplicar Plan de Manejo Ambiental (PMA) y control de emisiones.	Disponer residuos según normativa y realizar jornadas de limpieza diaria.	Profesional ambiental / Contratista
Social	Oposición de la comunidad o inconformidad por cierre de vías o afectación de predios.	Falta de socialización y comunicación con residentes o comerciantes del sector.	2	3	6	Alto	Retrasos por protestas, quejas o bloqueos.	Socializar el proyecto antes de ejecución, incluir participación ciudadana.	Realizar reuniones informativas y ajustar el diseño con base en sugerencias comunitarias.	Enlace social / Secretaría de Planeación Municipal
Legal-administrativo	Retraso en licencias, permisos o aprobaciones	Tramitología lenta o falta de documentación	3	2	6	Alto	Demora en cronograma y posibles sanciones	Revisar requisitos con Curaduría	Gestionar permisos en paralelo a los estudios	Coordinador administrativo

Categoría de riesgo	Descripción del riesgo	Causa probable	Probabilidad (1-3)	Impacto (1-3)	Nivel de riesgo (P x I)	Clasificación	Efecto potencial	Medidas preventivas	Estrategias de mitigación / respuesta	Responsable de gestión
	institucionales.	ión técnica completa.					contractuales.	y Alcaldía Municipal antes del inicio.	previos y mantener registro documental.	tivo / Jurídico
Económico o financiero	Incremento de costos por variación en precios de materiales, transporte o mano de obra.	Fluctuaciones del mercado o retrasos que aumentan costos indirectos.	2	3	6	Alto	Sobrecostos que impactan la viabilidad económica.	Actualizar análisis de precios unitarios (APU) y revisar inflación sectorial.	Incluir margen de contingencia del 10-15% en presupuesto.	Director financiero / Residente de obra
Seguridad y salud en el trabajo (SST)	Accidentes laborales durante instalación de señalización o demarcación vial.	Falta de EPP, señalización temporal o capacitación del personal.	2	3	6	Alto	Lesiones, sanciones o suspensión temporal de obra.	Implementar plan SST conforme a Resolución 0312 de 2019.	Realizar capacitaciones y supervisión diaria de cumplimiento.	Coordinador SST / Contratista
Climático	Retrasos en actividades por lluvias o condiciones meteorológicas adversas.	Temporada invernal o materiales sensibles a la humedad.	3	2	6	Alto	Aplazamiento de cronograma, afectación en acabados y demarcación.	Planificar actividades críticas en época seca y verificar pronósticos IDEAM.	Usar pinturas termoplásticas o materiales de secado rápido.	Supervisor de obra / Residente técnico
Tecnológico	Fallos o incompatibilidades en software BIM (Civil 3D, InfraWorks).	Versiones distintas o falta de interoperabilidad en modelos.	1	2	2	Bajo	Retrabajos en modelado o pérdida de información.	Estandarizar versiones y realizar pruebas previas de compatibilidad.	Establecer protocolo BIM y respaldos semanales.	Coordinador BIM / Diseñador
Institucional	Cambios administrativos o falta de apoyo político al proyecto.	Transición de gobierno local o variación de prioridades municipales.	2	3	6	Alto	Suspensión del proyecto o pérdida de continuidad institucional.	Alinear el proyecto con el Plan de Desarrollo Municipal y el POT.	Formalizar convenios interinstitucionales y actas de compromiso.	Alcaldía / Comité Técnico Municipal

Tabla 3. Elaborado por el autor.

Leyenda de clasificación de riesgo

Bajo: 1-2 (Monitoreo periódico)

Medio: 3-4 (Control preventivo)

Alto: 5-6 (Plan de acción obligatorio)



Crítico: 7–9 (Atención prioritaria, requiere intervención inmediata)

La matriz de riesgos elaborada para el proyecto de prefactibilidad del Terminal de Transporte y la Intersección “Bogotacito” en el municipio de Mesitas del Colegio (Cundinamarca) constituye una herramienta fundamental para la gestión integral del riesgo durante todas las fases del proyecto: planeación, diseño, ejecución y operación. Su objetivo es identificar, analizar y priorizar los eventos potenciales que puedan afectar el cumplimiento de los objetivos técnicos, económicos, sociales, ambientales o de seguridad, con el fin de adoptar medidas preventivas y de mitigación oportunas.

El proceso de análisis se realizó bajo los lineamientos de la Norma ISO 31000:2018 y la Guía de Gestión de Riesgos de Proyectos del Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2020), que recomiendan un enfoque sistemático basado en la relación entre probabilidad de ocurrencia y nivel de impacto. Cada evento identificado se valoró de manera cualitativa utilizando una escala de tres niveles (baja, media y alta), lo que permitió calcular el nivel de riesgo ($NR = P \times I$) y establecer una clasificación en categorías: bajo, medio, alto o crítico.

Los resultados obtenidos evidencian que los riesgos críticos y altos se concentran principalmente en los ámbitos técnico, operativo, social y administrativo. Entre los riesgos más relevantes se destaca la posible inconsistencia en la información topográfica y georreferenciada, debido a su incidencia directa sobre la precisión geométrica de la intersección y la localización de la bahía de buses. Este riesgo se considera crítico ($NR=9$) y requiere verificación topográfica de precisión antes del diseño definitivo.

Asimismo, se identifican riesgos altos asociados a la congestión vehicular durante las obras, la oposición comunitaria por cierres viales, los retrasos administrativos en la obtención de licencias, y el incremento de costos por variaciones en el mercado de materiales. Estos eventos,

aunque previsibles, pueden afectar significativamente el cronograma y el presupuesto si no se gestionan de forma preventiva mediante la implementación de planes de manejo de tránsito, socialización temprana con la comunidad y coordinación institucional.

En el ámbito ambiental, los riesgos son de nivel medio, relacionados con la generación de residuos, polvo y ruido durante la ejecución de las obras, los cuales pueden mitigarse mediante la aplicación de un Plan de Manejo Ambiental (PMA) y el cumplimiento de la normativa vigente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Los riesgos tecnológicos y de interoperabilidad BIM presentan una baja probabilidad e impacto, dado que pueden ser controlados mediante protocolos de estandarización y respaldo digital.

La matriz también considera riesgos institucionales y políticos, derivados de eventuales cambios en la administración municipal o en las prioridades de inversión pública, los cuales podrían comprometer la continuidad del proyecto. Para ello se recomienda asegurar su inclusión en el Plan de Desarrollo Municipal y establecer acuerdos interinstitucionales que garanticen su ejecución más allá de los periodos de gobierno.



11. CONCLUSIONES

El diseño conceptual de la intersección “Bogotacito” representa un componente estratégico dentro de la planeación vial del municipio de Mesitas del Colegio, al constituirse en el punto de conexión directa con el futuro Terminal de Transporte, su estudio permitió identificar la necesidad de reorganizar los flujos vehiculares y peatonales, mejorar la seguridad vial y garantizar una operación eficiente que responda a los requerimientos actuales y futuros de movilidad urbana.

La aplicación de criterios técnicos basados en el Manual de Señalización Vial (MinTransporte, 2020), el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS, 2018) y el Highway Capacity Manual (HCM, 2016) aseguró que las soluciones propuestas como la bahía de buses, la isleta peatonal, los pasos tipo zebra y la ciclovía cumplieran con los estándares de seguridad, accesibilidad universal y funcionalidad operativa requeridos en proyectos de infraestructura vial urbana.

El desarrollo del plano técnico a escala 1:500 permitió visualizar de manera integral los elementos que componen la intersección y su articulación con el eje de acceso al terminal, integrando aspectos geométricos, de tránsito, peatonales y ciclistas. La representación gráfica se constituyó como una herramienta de comunicación técnica efectiva para la toma de decisiones y la validación del diseño en fases posteriores.

La memoria técnica evidenció la pertinencia de las intervenciones propuestas, las cuales no solo responden a la optimización de la circulación vehicular, sino que también promueven la movilidad sostenible, el fortalecimiento del espacio público y la seguridad de los usuarios vulnerables, de esta forma, el proyecto se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS 11) y con las políticas nacionales de movilidad segura y sostenible.



La elaboración de la matriz de riesgos permitió identificar y priorizar los factores que pueden afectar el desarrollo del proyecto, entre los que se destacan las inconsistencias topográficas, los riesgos sociales derivados de la oposición comunitaria, los retrasos administrativos y los impactos climáticos sobre la programación de obras. Este análisis proporcionó un marco de acción preventiva, fortaleciendo la gestión integral y la sostenibilidad técnica del proyecto.

El componente social del proyecto constituye un eje transversal para su éxito, ya que la apropiación comunitaria y la participación ciudadana resultan esenciales para evitar conflictos y lograr aceptación social. La estrategia de socialización y concertación debe mantenerse como una práctica permanente durante las siguientes etapas del proceso.

En términos generales, el proyecto contribuye a la consolidación de una movilidad más segura, ordenada y eficiente en el municipio de Mesitas del Colegio, fortaleciendo la interconexión entre zonas urbanas y rurales y mejorando la experiencia del transporte público y privado, su implementación, una vez se cuente con los estudios topográficos y de tránsito definitivos, permitirá reducir los niveles de accidentalidad, mejorar el flujo vehicular y potenciar el desarrollo económico local.



12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV). (s.f.). Histórico víctimas.

<https://ansv.gov.co/es/observatorio/estad%C3%ADsticas/historico-victimas>

ANDI. (2018). Informe de infraestructura de transporte en Colombia. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia.

DANE. (2024). Proyecciones de población 2018–2024. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

Gámez, F. C., Severino, M. J. S., & Márquez, R. J. G. (2014). Introducción a la metodología BIM. Spanish Journal of Building Information Modelling, 14(1), 4-10.

Gómez, J., & Ramírez, L. (2019). Planificación de terminales de transporte intermunicipal en áreas urbanas emergentes de Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.

Hidalgo, D., & Huizenga, C. (2013). Implementation of sustainable urban transport in Latin America. Research in Transportation Economics, 40(1), 66–77.

<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.06.034>

Martínez, P., & Duarte, C. (2021). Aplicación de la metodología BIM en proyectos de transporte urbano en Ciudad de México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Pereira, F., & Costa, A. (2022). Movilidad urbana sostenible y terminales de transporte en Curitiba, Brasil. Universidad Federal de Paraná.

Ramírez, D., & López, J. (2023). Impacto de la falta de señalización en la siniestralidad vial de Quito, Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Rodríguez, D. A., & Oviedo, D. (2021). Transporte urbano y desarrollo sostenible en América Latina. Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos, 12(2), 45–63.



- Serrano García, Á. A., Luna Vásquez, F., & Velásquez Benítez, L. F. (2023). Diseño de terminal de transporte ciudad de Ibagué a través de la metodología BIM [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia].
- Silva, M., & Fernández, R. (2020). Evaluación de la seguridad vial en intersecciones urbanas de Santiago de Chile. Universidad de Chile.
- Villalba Ardila, L. E., & Díaz Romero, A. M. (2023). Diseño geométrico de intersecciones viales en etapa de prefactibilidad para el centro poblado de Pachaquiario [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia].
- Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV). (2022). Diagnóstico de la siniestralidad vial en municipios intermedios de Colombia. Bogotá: ANSV.
- Alarcón, J., & Torres, F. (2018). Evaluación de la implementación de señalización vial en municipios rurales de Colombia. *Revista Ingeniería y Región*, 25(2), 55–70.
- Arévalo, G., & Molina, H. (2017). Gestión de la movilidad y accesibilidad en ciudades intermedias de Colombia. *Revista de Transporte y Territorio*, 17(2), 101–118.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2019). Movilidad urbana en América Latina y el Caribe: retos y oportunidades. Washington D.C.: BID.
- Bernal, C., & López, R. (2020). Aplicación de modelos de prefactibilidad en infraestructura vial con metodología BIM. *Revista Ingeniería Civil*, 38(3), 77–90.
- Bonilla, D., & Gutiérrez, J. (2021). Movilidad y seguridad vial en municipios turísticos de Colombia. *Revista Colombiana de Movilidad*, 5(1), 23–41.
- Camargo, M., & Rojas, P. (2019). Innovación tecnológica en proyectos viales mediante BIM. *Ingeniería y Competitividad*, 21(2), 11–26.

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). Transporte y movilidad en América Latina: sostenibilidad e inclusión. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- González, A., & Pérez, S. (2022). Análisis de intersecciones urbanas críticas en Bogotá: un enfoque de seguridad vial. *Revista de Ingeniería*, 45(1), 55–72.
- Herrera, L., & Valdés, M. (2018). Señalización vial y percepción ciudadana de seguridad en municipios colombianos. *Revista Vial*, 10(2), 19–34.
- Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2021). Manual de diseño geométrico de carreteras. Bogotá: INVIAS.
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2020). Manual de señalización vial – dispositivos uniformes. Bogotá: MinTransporte.
- Moreno, J., & Suárez, P. (2017). Impacto de los terminales de transporte sobre la movilidad en ciudades intermedias. *Revista EAFIT de Ingeniería*, 23(4), 44–63.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Informe mundial sobre seguridad vial. Ginebra: OMS.
- Piñeros, L., & Cárdenas, Y. (2016). Evaluación de movilidad urbana en municipios de Cundinamarca. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 34(1), 61–79.
- Rueda, S. (2019). Urbanismo sostenible y movilidad: el caso de ciudades latinoamericanas. *Revista Hábitat*, 27(1), 12–29.
- Vélez, J., & Acosta, P. (2021). Uso de InfraWorks y Civil 3D en proyectos de transporte intermunicipal en Colombia. *Revista de Ingeniería Civil y Tecnología*, 19(3), 89–105.

