

TESIS DE MAESTRÍA
“ESTUDIO DE TRANSITO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA
INTERSECCIÓN AV CALLE 80-CONEXIÓN LISBOA EN LA CIUDAD DE
BOGOTÁ”

Por:
Jonatan Alexander Ramos Barajas



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
BOGOTÁ
2026

**“ESTUDIO DE TRANSITO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA
INTERSECCIÓN AV CALLE 80-CONEXIÓN LISBOA EN LA CIUDAD DE
BOGOTÁ”**

Por:
Jonatan Alexander Ramos Barajas

Tesis de maestría presentada como opción de grado para optar al título de Magister en
Infraestructura Vial.

Aprobado por:
Ing. Jesús David Quintero Garcia, Ph.D.
Director de tesis.



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
BOGOTÁ
2026**

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.	10
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	12
3	JUSTIFICACIÓN.....	13
4	OBJETIVOS.....	14
4.1	OBJETIVO GENERAL.	14
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	14
5	ALCANCE.	16
6	MARCO DE REFERENCIA.	17
6.1	MARCO TEÓRICO.....	17
6.1.1	Clasificación de las carreteras.	17
6.1.2	Estudio de tránsito.....	21
6.1.3	Diseño Geométrico.....	25
6.1.4	Capacidad y nivel de servicio	28
6.2	MARCO NORMATIVO.....	29
6.3	MARCO GEOGRÁFICO.	30
7	METODOLOGÍA	31
7.1	ANÁLISIS DE TRÁNSITO EN LA INTERSECCIÓN	31
7.1.1	Determinación del tránsito promedio diario (TPD) en la zona de influencia de la zona en estudio.....	31
7.1.2	Proyección vehicular.....	46
7.2	SEGURIDAD VIAL	57
7.3	DISEÑO GEOMÉTRICO	61
7.3.1	Diseño geométrico alternativa 1.....	63
7.3.2	Diseño geométrico alternativa 2.....	66

7.4	EVALUACIÓN DE TRÁNSITO ALTERNATIVAS.	69
7.4.1	Volúmenes vehiculares proyectados para período de diseño.....	69
7.4.2	Evaluación de tránsito	69
8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	87
8.1	ANÁLISIS DE CONDICIÓN ACTUAL DE TRÁNSITO.....	87
8.1.1	Caracterización del volumen vehicular.....	87
8.1.2	Periodo de Máxima Demanda.....	88
8.1.3	Diagnóstico de la Condición Actual	88
8.2	ANÁLISIS DE PROYECCIÓN VEHICULAR.....	89
8.2.1	Selección del Método de Proyección	89
8.2.2	Volúmenes Proyectados para el Período de Diseño.....	89
8.3	ANÁLISIS COMPARATIVO DISEÑO GEOMÉTRICO ALTERNATIVAS.	90
8.3.1	Descripción y Comparación de las Alternativas	90
8.3.2	Análisis de Cumplimiento Normativo	91
8.4	ANÁLISIS OPERACIONAL	92
8.4.1	Calibración y validación de los modelos	92
8.4.2	Niveles de Servicio por Horizonte Alternativa 1	92
8.4.1	Niveles de Servicio por Horizonte Alternativa 2	93
8.5	ANÁLISIS COMPARATIVO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	94
8.5.1	Evaluación de Alternativas	94
8.5.2	Alternativa Seleccionada y Justificación	95
9	CONCLUSIONES	96
9.1	CONCLUSIONES SOBRE EL TRÁNSITO DE LA CONDICIÓN ACTUAL.....	96
9.2	CONCLUSIONES DE PROYECCIÓN VEHICULAR.....	97
9.3	CONCLUSIONES SEGURIDAD VIAL	97
9.4	CONCLUSIONES DEL DISEÑO GEOMÉTRICO.....	98

9.5	CONCLUSIONES DE EVALUACIÓN OPERACIONAL.....	98
10	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	104

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Dimensionamiento de calzadas en vías arterias (m)	21
Tabla 2	Nivel de servicio	29
Tabla 3	Niveles de servicio para segmentos básicos	29
Tabla 4	Información disponible zona de estudio.	32
Tabla 5	Movimientos aforados.....	33
Tabla 6	Aforo vehicular movimiento 3 día típico	34
Tabla 7	Tránsito promedio diario semanal TPDS.....	36
Tabla 8	Tránsito promedio diario anual TPDA.....	36
Tabla 9	Franja horaria con mayor volumen Acceso Occidente-Oriente día típico.....	44
Tabla 10	Factor de hora pico Acceso Occidente-Oriente día típico.	44
Tabla 11	Franja horaria con mayor volumen Acceso Oriente-Occidente día típico.....	45
Tabla 12	Factor de hora Acceso Oriente-Occidente día típico.	45
Tabla 13	Franja horaria con mayor volumen Acceso Occidente-Oriente día atípico.	45
Tabla 14	Factor de hora pico Acceso Occidente-Oriente día atípico.....	45
Tabla 15	Franja horaria con mayor volumen Acceso Oriente-Occidente día atípico.	45
Tabla 16	Factor de hora pico Acceso Oriente-Occidente día atípico.....	46
Tabla 17	Proyección método lineal vehículos livianos.....	46
Tabla 18	Proyección método lineal bus.	47
Tabla 19	Proyección método lineal Intermunicipal.	47
Tabla 20	Proyección método lineal camión.	47
Tabla 21	Valores estimados teóricos método lineal.....	48
Tabla 22	Proyección método exponencial livianos.....	48
Tabla 23	Proyección método exponencial bus.....	49
Tabla 24	Proyección método exponencial intermunicipal.	49

Tabla 25 Proyección método exponencial camión.....	49
Tabla 26 Valores estimados teóricos método exponencial.	50
Tabla 27 Proyección método regresión potencial livianos.	51
Tabla 28 Proyección método regresión potencial bus.....	51
Tabla 29 Proyección método regresión potencial intermunicipal.	51
Tabla 30 Proyección método regresión potencial camión.	51
Tabla 31 Valores estimados teóricos método potencial.....	52
Tabla 32 Proyección método regresión logarítmica livianos.	53
Tabla 33 Proyección método regresión logarítmica bus.	53
Tabla 34 Proyección método regresión logarítmica intermunicipal.	53
Tabla 35 Proyección método regresión logarítmica camión.....	54
Tabla 36 Valores estimados método logarítmico.....	54
Tabla 37 Volúmenes vehiculares proyectados para el periodo de diseño.	57
Tabla 38 Siniestros viales por año	58
Tabla 39 Número de siniestros por gravedad.....	59
Tabla 40 Gravedad de siniestros por año	59
Tabla 41 Parámetros de diseño geométrico Alternativa 1	65
Tabla 42 Elementos de diseño geométrico-Glorieta convencional.....	66
Tabla 43 Parámetros de diseño geométrico Alternativa 2	68
Tabla 44 Elementos de diseño geométrico-Glorieta convencional.....	68
Tabla 45 Volúmenes vehiculares proyectados para el período de diseño.....	69
Tabla 46 Resultados de calibración Mixtos alternativa 1.	71
Tabla 47 Resultados de calibración Livianos alternativa 1.....	72
Tabla 48 Resultados de calibración Bus alternativa 1.	72
Tabla 49 Resultados de calibración Intermunicipal alternativa 1.	72
Tabla 50 Resultados de calibración Camión alternativa 1.	73
Tabla 51 Resultados de calibración Moto alternativa 1.	73
Tabla 52 Velocidades de operación Alternativa 1.	74
Tabla 53 Indicadores de desempeño Alternativa 1 2025.	75

Tabla 54 Indicadores de desempeño Alternativa 1 horizonte 5 años (entrada en operación.	75
Tabla 55 Indicadores de desempeño Alternativa 1 Horizonte 10 años.	76
Tabla 56 Indicadores de desempeño Alternativa 1 Horizonte 20 años.	76
Tabla 57 Indicadores de desempeño Alternativa 1 Horizonte 30 años.	77
Tabla 58 Longitudes de cola por acceso Alternativa 1.	78
Tabla 59 Resultados Nivel de servicio Alternativa 1.	79
Tabla 60 Resultados de calibración Mixtos alternativa 2.	80
Tabla 61 Resultados de calibración Livianos alternativa 2.	80
Tabla 62 Resultados de calibración Bus alternativa 2.	80
Tabla 63 Resultados de calibración Intermunicipal alternativa 2.	81
Tabla 64 Resultados de calibración Camión alternativa 2.	81
Tabla 65 Resultados de calibración Moto alternativa 2.	81
Tabla 66 Velocidades de operación Alternativa 2.	82
Tabla 67 Indicadores de desempeño Alternativa 2 2025.	83
Tabla 68 Indicadores de desempeño Alternativa 2 horizonte 5 años (entrada en operación.	83
Tabla 69 Indicadores de desempeño Alternativa 2 Horizonte 10 años.	84
Tabla 70 Indicadores de desempeño Alternativa 2 Horizonte 20 años.	84
Tabla 71 Indicadores de desempeño Alternativa 2 Horizonte 30 años.	85
Tabla 72 Longitudes de cola por acceso Alternativa 2.	85
Tabla 73 Resultados Nivel de servicio Alternativa 2.	86
Tabla 74 Proyección vehicular por método de regresión lineal.	90
Tabla 75 Comparativo Parámetros de Diseño Geométrico.	91
Tabla 76 Niveles de servicio por horizonte de proyección Alternativa 1	92
Tabla 77 Niveles de servicio por horizonte de proyección Alternativa 1	93
Tabla 78 Matriz de evaluación entre alternativas	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Jerarquización de vías urbanas	19
Figura 2 Clasificación funcional de una red vial urbana.....	20
Figura 3 Planta general típica.....	20
Figura 4 Sección transversal típica	21
Figura 5 Situaciones de conteos o aforos vehiculares.....	23
Figura 6 Regresión lineal simple.....	25
Figura 7 Intersección giratoria.	26
Figura 8 Elementos de una glorieta.....	27
Figura 9 Glorieta convencional.....	28
Figura 10 Localización zona de estudio.....	31
Figura 11 Movimientos aforados	33
Figura 12 Volumen día típico movimiento 3	37
Figura 13 Composición vehicular movimiento 3.....	38
Figura 14 Volumen día típico movimiento 4	39
Figura 15 Composición vehicular movimiento 4.....	40
Figura 16 Volumen día Atípico movimiento 4	41
Figura 17 Composición vehicular movimiento 3.....	42
Figura 18 Volumen día Atípico movimiento 3	43
Figura 19 Composición vehicular movimiento 4.....	44
Figura 20 Comparativo métodos vehículos livianos.....	55
Figura 21 Comparativo métodos buses.....	55
Figura 22 Comparativo métodos intermunicipales.....	56
Figura 23 Comparativo métodos camiones.....	56
Figura 24 Siniestros viales por año	58
Figura 25 Cuantificación porcentual por gravedad de siniestro.....	59
Figura 26 Gravedad de siniestros por año.....	60
Figura 27 Concentración de siniestros viales en la zona de estudio	60
Figura 28 Concentración de siniestros viales intersección Calle 80-TV120	61
Figura 29 Levantamiento topográfico Intersección Calle 80-Trasnversal 120.....	62

Figura 30 Modelo digital de terreno Intersección Calle 80-Transversal 120.....	63
Figura 31 Diseño geométrico alternativa 1	64
Figura 32 Modelo 3D diseño geométrico alternativa 1.....	65
Figura 33 Diseño geométrico Alternativa 2	67
Figura 34 Modelo 3D Alternativa 2.....	67
Figura 35 Comparativo Diseño Geométrico Alternativas.....	91
Figura 36 Nivel de servicio Alternativa 1 Horizonte 30 años.....	93
Figura 37 Nivel de servicio Alternativa 2 Horizonte 30 años.....	94
Figura 38 Red vial Bogotá	100
Figura 39 Red vial Madrid España.....	101
Figura 40 Modelo vías perimetrales Bogotá.	103

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Volumen de tránsito.	23
Ecuación 2 Tránsito promedio diario.....	24
Ecuación 3 Calculo tránsito promedio diario semanal.....	36
Ecuación 4 Indicador estadístico GEH.	71

1 Introducción.

La presente monografía desarrolla y evalúa el estudio de tránsito de la condición actual y los modelos propuestos en la operación de la infraestructura vial de la intersección de la Avenida Calle 80 con Carrera 120.

La Avenida Calle 80 es uno de los principales corredores que brindan acceso y salida a la ciudad de Bogotá con municipios de la zona occidental de la sabana entre ellos Funza, Mosquera, Cota entre otros. Este corredor hoy en día cumple una función muy importante en cuanto a conectividad regional en los que se incluyen transporte de pasajeros, distribución de carga conectando centros de distribución importantes con zonas industriales, comerciales y residenciales.

El contexto mencionado anteriormente describe a la intersección de la Calle 80 – Tv120 como un nodo de especial importancia debido a que concentra flujos vehiculares provenientes de las distintas localidades de la ciudad y cuyo destino es en gran parte las zonas industriales localizadas en la sabana occidental. La configuración geométrica en el sentido oriente-occidente (salida de Bogotá) presenta una reducción de capacidad en determinados tramos del corredor vial, reduciendo los carriles de circulación pasando de cuatro a 2 carriles, este conflicto genera condiciones de congestión durante períodos de máxima demanda, incrementando significativamente los tiempos de recorrido, las longitudes de cola vehicular y disminuyendo así los niveles de servicio, lo cual afecta mediante conflictos operacionales la movilidad de los usuarios que se desplazan a diario por este importante corredor vial de la ciudad de Bogotá.

Ante esta problemática es necesario realizar una evaluación técnica de la condición actual de operación de esta intersección y así determinar alternativas de mejoramiento que permitan incrementar la capacidad funcional, optimizando la circulación vehicular y mejorando el desempeño a lo largo del período de diseño. En este sentido este trabajo de investigación tiene como propósito desarrollar el estudio de tránsito que permita realizar un diagnóstico preliminar del comportamiento actual de la intersección de igual manera proyectar una posible demanda futura con la cual se pueda formular 2 soluciones geométricas cuyo propósito sea mejorar las condiciones de movilidad y seguridad vial en el sector de estudio.

Para el desarrollo de la investigación se empleó información primaria correspondiente a los registros de aforos vehiculares, dicha información fue solicitada a la Secretaría Distrital de Movilidad, para esta zona de estudio la entidad suministró los consolidados de datos recopilados desde el año 2020 hasta el mes de noviembre del año 2025. Esta información constituye el insumo principal para la caracterización de la demanda vehicular en la zona de estudio. El análisis de tránsito se fundamentó en los registros obtenidos durante los días 16, 17 y 19 de abril del año 2025, siendo los 2 primeros días hábiles laborales con condiciones normales de movilidad y el día 19 correspondiente a un día sábado, representando así el comportamiento de flujo vehicular en un día atípico semanal. La elección de estas fechas se realizó por la falta de toma de datos continuos en la información suministrada, es así que los días evaluados corresponden a lo más cercano de una muestra representativa de los patrones de movilidad presentes en la zona de estudio, en las cuales se puede observar e identificar las variaciones de tráfico derivadas de condiciones críticas asociadas a desplazamientos laborales en los días entre semana y las variaciones propias de los fines de semana.

A partir de la información seleccionada se desarrolló una metodología fundamentada en cuatro etapas principales. En primer lugar, se realizó la caracterización y diagnóstico de las condiciones actuales de tránsito mediante el procesamiento de los aforos vehiculares obteniendo los períodos de máxima demanda y el análisis de indicadores de operación. En segundo lugar, se efectuó la proyección de la demanda vehicular para los horizontes de diseño mediante modelos de regresión estadística. En la tercera etapa se procede a la recopilación de información secundaria la cual corresponde a documentación técnica especializada proveniente del Observatorio de Movilidad de Bogotá, con la cual se obtuvieron cifras que al ser procesadas permitieron evaluar cuantitativamente la magnitud e índices de accidentalidad descritos en el capítulo de seguridad vial. En el portal del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDECA) se obtuvieron las capas correspondientes a levantamientos topográficos con los cuales se obtuvo la planimetría de la zona, adicionalmente en el geo portal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) se obtuvieron imágenes satelitales con archivos DEM los cuales al ser procesados nos generan un producto que se utiliza para la creación de superficies del terreno actual. Seguido se procedió a formular y desarrollar dos nuevas alternativas de diseño geométrico orientadas a resolver las deficiencias identificadas en la condición existente de la intersección en estudio.

Finalmente se evaluó el desempeño operacional de cada alternativa mediante herramientas de micro simulación de tránsito utilizando el software PTV Vissim, considerando los distintos escenarios de crecimiento de la demanda. Este proyecto busca además generar un aporte técnico al estudio de intersecciones urbanas sometidas a elevadas demandas de tránsito, evidenciando la importancia de integrar herramientas de análisis de tránsito, diseño geométrico y micro simulación como soporte en la toma de decisiones en proyectos de infraestructura vial.

2 Planteamiento del problema.

2.1 Descripción del problema.

Con la implementación del primer POT de la ciudad de Bogotá consolidado mediante el decreto 619 de 2000 y el cual empezó a regir en 2004, se efectuaron restricciones del uso de suelo en las cuales se limitaron las zonas de desarrollo industrial o de impacto ambiental en las zonas céntricas de la ciudad, esto generó que de manera progresiva se trasladaran bodegas, centros de distribución y fábricas hacia los extremos occidentales de la ciudad como la zona franca en la localidad de Fontibón y municipios vecinos de la Sabana como Funza, Mosquera, Cota entre otros. Esta condición ha generado que la operación en la calle 80 supere la capacidad de servicio en horas pico de manera que la industrialización de la sabana de Bogotá ha generado empleo no solo para los residentes de los municipios de la sabana sino también para muchos habitantes de la ciudad de Bogotá. La avenida Calle 80 es una de las salidas occidentales de la ciudad de Bogotá, además es un corredor vial que conecta la ciudad de oriente a occidente y que es interceptada por vías arterias como la Avenida NQS, la Avenida 68 en la cual se construye una nueva troncal de Transmilenio, la Avenida Boyacá, la Avenida ciudad de Cali, y que además cuenta con carriles exclusivos BRT de Transmilenio los cuales conectan al portal 80, en el cual se encuentran buses intermunicipales que se desplazan a municipios de la sabana.

Teniendo en cuenta lo anterior se observa que en horas de la mañana en horario de 6:00 am a 8:00 am se presenta una alta demanda vehicular excediendo la capacidad de servicio de la intersección, adicional se observa que la infraestructura presenta una

reducción de cuatro a dos carriles, siendo insuficientes y prestando poca capacidad de servicio, niveles que presentan un servicio crítico a la hora de presentarse accidentes o problemas mecánicos en algunos de los vehículos que transitan por la zona, esta problemática puede ser medida en el aumento considerable de los tiempos de desplazamiento, de tal manera que un desplazamiento en condiciones óptimas entre el portal 80 a la glorieta de Siberia puede realizarse en aproximadamente 15 minutos, pero según las métricas históricas de los servidores de Google Maps este trayecto puede variar entre 60 y 90 minutos para franjas horarias en la zona de estudio en condiciones críticas de operación. En consecuencia, el presente trabajo de investigación plantea el desarrollo de dos alternativas de diseño geométrico orientadas a mejorar las condiciones de circulación y capacidad operacional del corredor. Dichas alternativas serán formuladas a partir del diagnóstico de tránsito de la condición actual y posteriormente evaluadas a flujos de tráfico proyectados mediante micro simulación de tránsito con el propósito de comparar su desempeño operacional y seleccionar la solución técnicamente adecuada que atienda las necesidades requeridas para los usuarios de la intersección de la Av. Calle 80 -TV120 conexión Lisboa.

3 Justificación.

Como solución al problema expuesto en el presente proyecto se plantea afrontar la problemática en temas de movilidad y tiempos de desplazamiento que viven a diario los usuarios que utilizan el corredor vial de la Avenida 80 conexión con Avenida Lisboa en la salida occidental de la ciudad de Bogotá por la calle 80.

Se propondrán dos soluciones con su respectivo diseño geométrico, los cuales harán que los vehículos circulen con mayor fluidez, disminuyendo tiempos de circulación y mejorando la calidad de vida de los usuarios de este corredor, los dos diseños geométricos se plantearan con un urbanismo amigable con el medio ambiente y con zonas de paisajismo haciendo que la circulación por la zona sea amena.

Es pertinente realizar la evaluación de las dos alternativas de diseño geométrico con el fin de identificar cuál ofrece mejores condiciones de capacidad de servicio, operación y nivel de

servicio frente al crecimiento proyectado de la demanda vehicular. En este sentido la investigación no se limita a la formulación conceptual de las soluciones, sino que incorpora herramientas de análisis de tránsito, proyección vehicular y micro simulación operacional que permiten cuantificar objetivamente el desempeño de cada alternativa y soportar técnicamente la selección de la propuesta más eficiente para la intersección en estudio. Se realizará el diseño de las dos propuestas de solución cumpliendo las especificaciones indicadas por las entidades que regulan la normatividad en los proyectos de infraestructura vial como lo son la norma AASTHO 2004, el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (2008), en los dos diseños no se desarrolló el diseño de señalización pero se recomienda usar el Manual de Señalización Vial 2024 del Instituto Nacional de Vías (Invias); para el diseño básico de urbanismo se diseñaron las alternativas de tal manera que la sección típica pueda cumplir con los requerimientos técnicos descritos en cuenta la cartilla de andenes del IDU, y literatura mencionada en los espacios académicos.

4 Objetivos

Se plantean los siguientes objetivos:

4.1 Objetivo general.

Formular y evaluar 2 alternativas de diseño geométrico para el mejoramiento operacional de la intersección Avenida Calle 80-Tv120 (Conexión Lisboa), mediante análisis de tránsito, proyección de demanda y micro simulación vehicular.

4.2 Objetivos específicos.

- Diagnosticar las condiciones actuales de operación de la intersección Calle80-TV120 conexión Lisboa obtenida a partir de los aforos vehiculares suministrados por la Secretaría Distrital de Movilidad obteniendo un análisis de información de tránsito, variables operacionales y características geométricas existentes.
- Formular alternativas de diseño geométrico para la intersección a partir del diagnóstico y volúmenes de tránsito proyectados para un horizonte de 30 años, orientadas a mitigar los problemas de capacidad y nivel de servicio identificados en la condición actual de la intersección.

- Evaluar y comparar el desempeño operacional de las alternativas propuestas mediante modelos de micro simulación, con el fin de seleccionar la alternativa técnicamente más favorable para la intersección.

5 Alcance.

El presente proyecto se compone de dos actividades fundamentales dividido en 2 volúmenes.

Volumen I. Estudio de tránsito

Este volumen comprende la recopilación, revisión, organización y análisis de la información disponible para la caracterización de las condiciones actuales de operación en la intersección Av. Calle 80- Tv120 Conexión Lisboa. Para ello se emplean registros de aforos vehiculares, suministrados por la Secretaría Distrital de Movilidad. El alcance de esta etapa no contempla la ejecución de campañas propias de recolección de aforos por parte del autor. Las actividades desarrolladas se enfocan en el procesamiento, validación y análisis de los datos existentes así como la identificación de los patrones de demanda vehicular, con este insumo se realiza el análisis de la condición actual de la intersección, además se procede a realizar una proyección de tráfico con un umbral de tiempo de 30 años y su respectivo análisis para la categorización efectuada en cada umbral de tiempo proyectado

Volumen II. Trazado geométrico

Como primera actividad se procede a recopilar los levantamientos topográficos en el portal IDECA los cuales contienen las capas de, vía, ciclo ruta, andén y separador, información que permite identificar la condición actual de la zona de estudio, la información extraída corresponde a archivos tipo .SHP los cuales se procesan y se exportan e formato .DWG debidamente georreferenciados en el sistema de coordenadas Origen Nacional CTM12, esta actividad está relacionada única y exclusivamente para la obtención de la planimetría de la zona. Para la obtención del Modelo Digital de Terreno se descarga un modelo DEM correspondiente al año 2024 y cuyo procesamiento en ArcGIS genera como resultado las curvas de nivel de la zona de estudio y las cuales son usadas como insumo principal para la generación de la superficie en la intersección. De esta manera se generan los empalmes planimétricos y altimétricos de los diseños propuestos.

6 Marco de referencia.

A continuación, se presentan los conceptos básicos, teorías, reglamentación y evolución de metodologías que se usaron como base para el desarrollo de este tema de investigación.

6.1 Marco teórico.

6.1.1 Clasificación de las carreteras.

Según el Manual de diseño geométrico de carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), las vías en Colombia se clasifican según su funcionalidad y el tipo de terreno que cruzan.

6.1.1.1 *Según su funcionalidad.*

Las vías en Colombia se clasifican según los intereses de la nación y la necesidad de operación que requiera la infraestructura, está a su vez se clasifica en 3 tipos de vías:

- **Primarias:** Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país
- **Secundarias:** Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria
- **Terciarias:** Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. (INVIAS,2008,5)

6.1.1.2 *Según el tipo de terreno.*

La clasificación de las vías se determina según la topografía que predomina a lo largo de su trazado, encontrando que a lo largo del trazado se pueden presentar tramos con diferentes tipos de terreno y clasificados de la siguiente manera:

- **Terreno plano:** Terreno cuya sección transversal respecto al eje de vía es menor de 5 grados (5°) y su pendiente longitudinal equivale a menos del 3 por ciento (3%).
- **Terreno ondulado:** Terreno cuya sección transversal respecto al eje de vía varía entre (6° - 13°) y su pendiente longitudinal se encuentra en el rango de (3%-6%).
- **Terreno montañoso:** Terreno cuya sección transversal respecto al eje de vía varía entre (13° - 40°) y su pendiente longitudinal se encuentra en el rango de (6%-8%).

- **Terreno escarpado:** Terreno cuya sección transversal respecto al eje superior a 40 grados (40°) generalmente tiene una pendiente longitudinal es superior al (8%).

6.1.1.3 *Funcionalidad de las vías urbanas.*

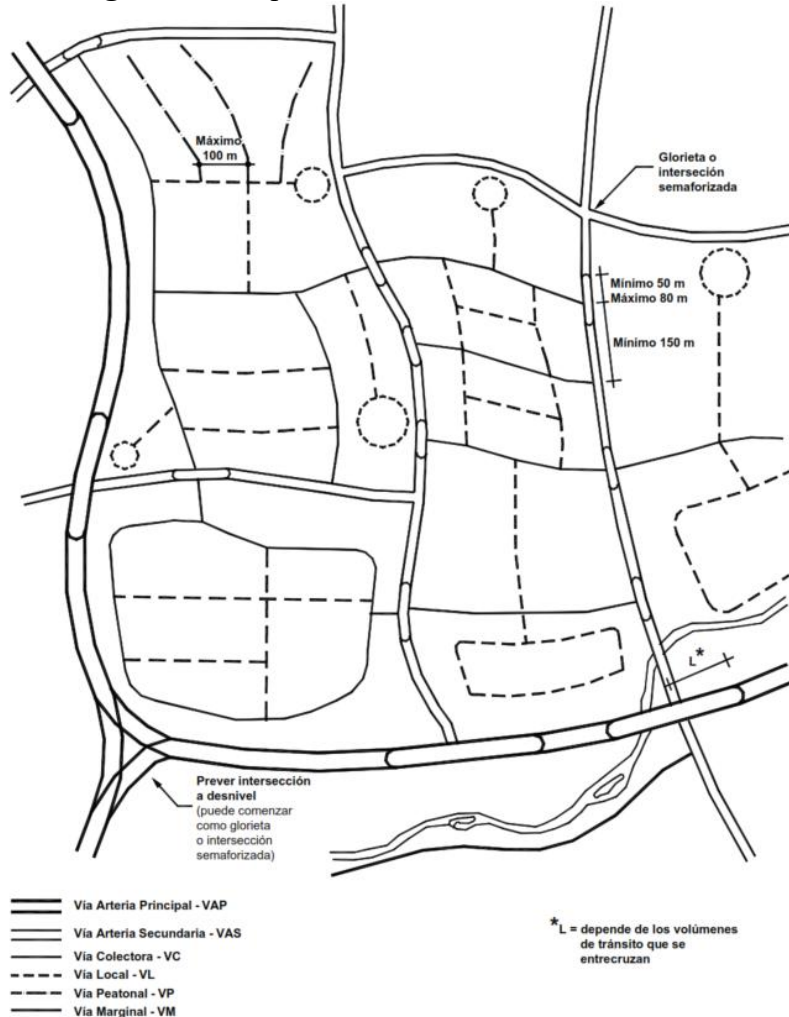
Para el autor Germán Arboleda la hora de clasificar la funcionalidad de una vía urbana se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Características del tránsito (se compone de análisis detallado de volumen, composición vehicular, velocidad de operación)
- Características de la vía (Número de carriles, ancho de carril, carriles por calzada, pendientes longitudinales y transversales, alineamientos)
- Usos del suelo (Predominantes, existentes y proyectados en ambos costados de la vía)
- Funcionalidad (Accesibilidad, continuidad, visibilidad y distribución del tránsito)

Teniendo en cuenta las anteriores características Arboleda plantea la segmentación de vías urbanas en 11 tipos principales y de las cuales muestra 9 tal y como se observa en la ilustración 1, así:

- Vías expresas, VE
- Corredor multimodal, CM
- Vías arterias, VA
- Vías colectoras, VC
- Vías locales, VL
- Vías marginales, VM
- Vías paisajísticas, VP
- Vías semipeatonales, VSP
- Vías peatonales, VP
- Motovías, M
- Ciclovías, C

Figura 1 Jerarquización de vías urbanas

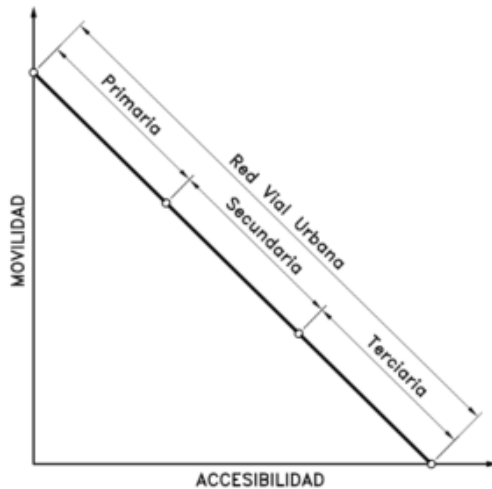


Nota: Arboleda Vélez, G (2010). Vías urbanas

Las vías arterias son las que conforman la red vial básica de la ciudad, considerada como un todo, o del área en particular que se esté analizando y, por lo tanto, son determinantes de la estructura y forma urbanas. Arboleda Vélez, G (2010).

Basado en estas características principales, el ingeniero James Cárdenas en su libro diseño geométrico de vías urbanas publicado en el año 2022 clasifica las vías urbanas en función de su movilidad y accesibilidad.

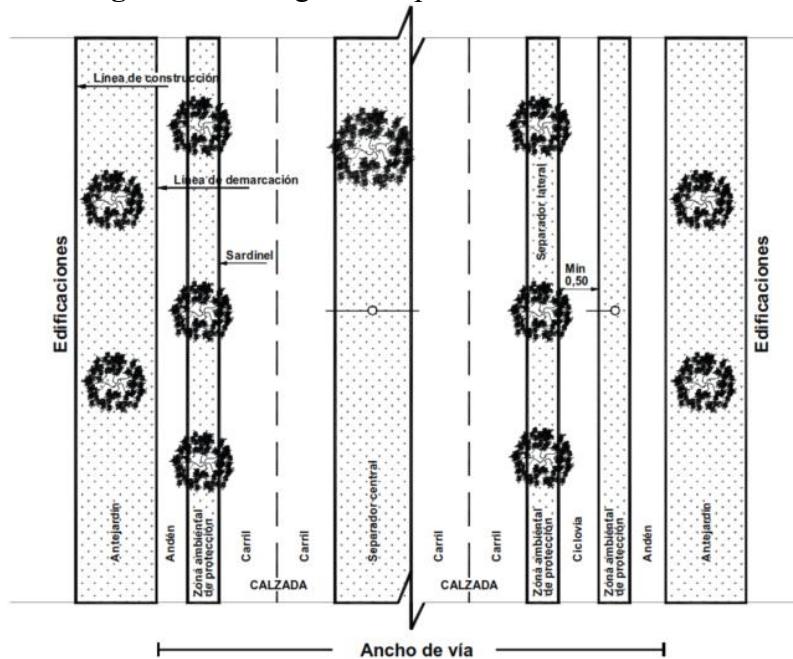
Figura 2 Clasificación funcional de una red vial urbana.



Nota: Cárdenas Grisales, J. (2022). Diseño geométrico de vías urbanas.

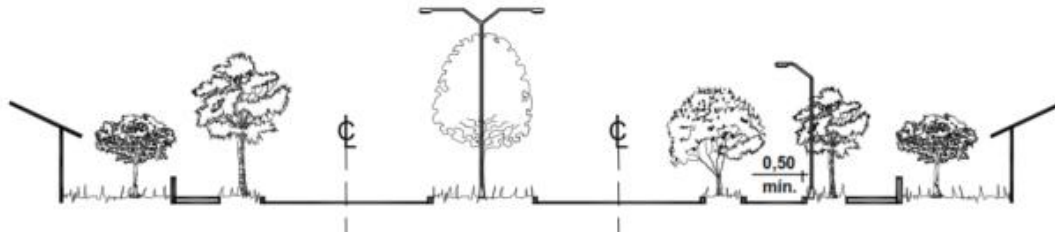
El autor define las vías primarias como infraestructuras de accesos controlados, cuya función es proveer movilidad a grandes volúmenes de tránsito a accesos o propiedades laterales, a su vez estas infraestructuras contienen una sección típica que en los últimos años se ha venido trabajando con un enfoque urbanístico y paisajístico, que genera un entorno ambientalmente agradable, dándole prioridad a las zonas verdes y revegetalización.

Figura 3 Planta general típica.



Nota: Arboleda Vélez, G (2010). Vías urbanas

Figura 4 Sección transversal típica



Nota: Arboleda Vélez, G (2010). Vías urbanas.

6.1.1.4 Dimensiones de los elementos de una vía urbana.

En su documento vías urbanas Arboleda plantea y propone un dimensionamiento de cada elemento que compone la sección transversal de la siguiente manera:

- **Antejardín:** Por lo general tiene una dimensión de 5 m en vías arterias y un dimensionamiento de 3 m en vías locales.
- **Andenes:** El ancho de los andenes depende de varias características de la zona, el autor plantea que debe tenerse en cuenta el uso de suelo con el fin de determinar qué tan frecuente va a ser el flujo peatonal y que tan prolongado estará el mismo, plantea una dimensión de 3m para vías arterias y 2 m para vías locales.
- **Calzada:** El dimensionamiento de la calzada varía según su clasificación, el autor sugiere para vías arterias la clasificación de 2 tipos, una calzada de 3 carriles o una calzada con 2 carriles, estas vías tienen por lo general una velocidad de diseño que va entre 50 y 80 km/h, el dimensionamiento se observa en la siguiente tabla.

Tabla 1 Dimensionamiento de calzadas en vías arterias (m)

Tipo de Calzada	Número de carriles por calzada	
	3 carriles	2 carriles
Calzada central	9,00-10,80	6,00-7,20
Calzada lateral	9,00	6,00-7,20

Nota: Arboleda Vélez, G (2010). Vías urbanas.

6.1.2 Estudio de tránsito.

Según Cal y Mayor (2018), los actores viales que conforman un sistema dinámico y que contiene medios físicos y estáticos del tránsito tales como calles, intersecciones entre otras, son sujetos a ser cargados por volúmenes de tránsito, estos volúmenes contienen

características espaciales y temporales. Las distribuciones espaciales se generan por el deseo de los usuarios de efectuar viajes entre diferentes orígenes y destinos conforme a las necesidades requeridas. Las distribuciones temporales de los volúmenes de tránsito se generan a partir de las rutinas que genera los usuarios de la infraestructura basada en el tiempo, realizando desplazamientos repetitivos en horas específicas durante varios días de la semana. La proyección de una vía urbana, intersección, acceso debe tener como base fundamental el volumen de tránsito y demanda que circulará durante un intervalo de tiempo estipulado conforme a su tasa de crecimiento y su respectiva composición.

La herramienta fundamental para analizar los factores que influyen en la ingeniería de tránsito son los aforos, estos son aplicados a vehículos, peatones y ciclistas, estos aforos aportan información que puede ser procesada para obtener estimaciones de:

- Volumen (Q).
- Tasa de flujo (q).
- Demanda (D).
- Capacidad (c).

Cal y Mayor (2018) relacionan y explican el significado de cada uno de la siguiente manera:

- El volumen es el número de vehículos o personas que pasan por un punto durante un tiempo específico.
- La tasa de flujo es la frecuencia a la cual pasan los vehículos o personas durante un tiempo específico menor a una hora, expresada como una tasa horaria equivalente,
- La demanda es el número de vehículos o personas que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico.
- La capacidad es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un tiempo específico.
- EL volumen de tránsito se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado. Cal y Mayor (2018, p182), se expresa como:

Ecuación 1 Volumen de tránsito.

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

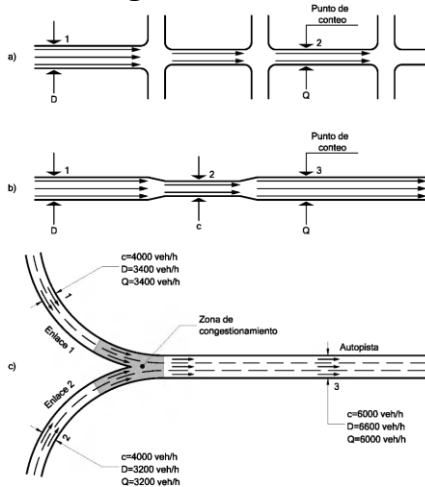
Donde:

Q= Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo).

N= Número total de vehículos que pasan (vehículos).

T= Período determinado (unidades de tiempo).

Figura 5 Situaciones de conteos o aforos vehiculares.



Nota: Cárdenas Grisales, J. (2022). Diseño geométrico de vías urbanas.

6.1.2.1 Volúmenes de tránsito promedios diarios

Es el conteo vehicular que pasan en un lapso determinado de tiempo, se clasifica según su duración de tiempo:

- **Tránsito anual (TA).** Cantidad total de vehículos que transitan durante un año
 $t=1$ año.
- **Tránsito mensual (TM).** Cantidad total de vehículos que transitan durante un mes
 $t=1$ mes.
- **Tránsito semanal (TS).** Cantidad total de vehículos que transitan durante una semana
 $t=1$ semana.
- **Tránsito diario (TD).** Cantidad total de vehículos que transitan durante un día
 $t=1$ día.
- **Tránsito horario (TH).** Cantidad total de vehículos que transitan durante una hora
 $t=1$ hora.

- **Tránsito en un período inferior a una hora (Q).** Por lo general se representa en lapsos de 15 minutos representado por Q15

6.1.2.2 Volúmenes promedio diarios.

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período. Cal y Mayor (2018, p184).

Los volúmenes promedios diarios son expresados según la siguiente ecuación:

Ecuación 2 Tránsito promedio diario

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} < t \leq 1 \text{ año}}$$

Donde N representa el número de vehículos que pasan durante t días,

6.1.2.3 Proyección del volumen de tránsito futuro

La proyección de los volúmenes de tránsito ya sean Tránsito promedio diario anual, mensual, semanal o diario, deberá realizarse para cualquier tipo de intervención en proyectos de infraestructura vial, ya sea construcción de una nueva carretera o el mejoramiento de una calzada existente, esta proyección deberá basarse no solo en los volúmenes de tránsito actuales, sino también en los incrementos de tránsito que se prevé usaran la infraestructura. Cal y Mayor (2018, p218).

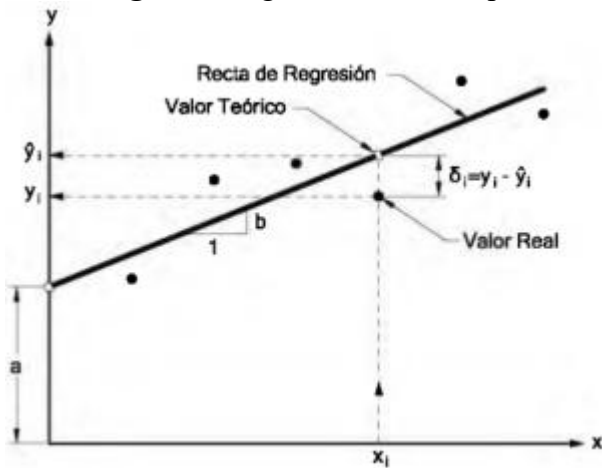
6.1.2.4 Regresión matemática para el cálculo de volúmenes de tránsito futuro

Para proyectos donde se cuenta con datos de series históricas de volúmenes de tránsito promedio diario, se pueden obtener estimaciones de volúmenes futuros mediante regresiones lineales, exponenciales, potenciales y logarítmica.

6.1.2.5 Regresión lineal simple (línea de mínimos cuadrados)

La siguiente figura muestra esquemáticamente los valores reales respecto a la variable dependiente y_i y sus valores estimados teóricos $\hat{y}$, para valores específicos de la variable dependiente x_i . Esta estimación se realiza a través de la recta de regresión trazada.

Figura 6 Regresión lineal simple.



Nota: Cal y Mayor (2018). Ingeniería de tránsito.

6.1.3 Diseño Geométrico

A continuación, se presenta la investigación realizada con el fin de identificar las normativas técnicas y los diferentes conceptos a tener en cuenta en los elementos de solución de una intersección vial denominada glorieta.

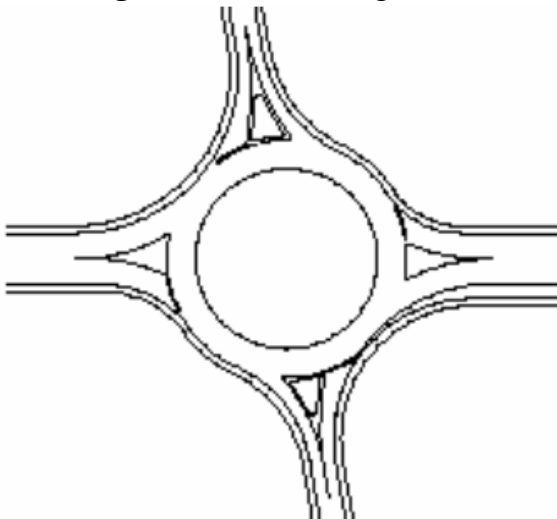
6.1.3.1 Glorietas

“Una glorieta se proyectará cuando los volúmenes de tránsito sean bajos a lo largo de caminos secundarios que se interceptan, una ventaja es que modera a velocidad del tránsito.” (Manual de proyecto geométrico de carreteras, 2018)

Una glorieta se define como una intersección o tipo de nudo cuyas características se definen en los tramos que confluyen en él, y las cuales se comunican por una calzada enlazada a una circulación giratoria alrededor de una isleta central.

Según lo anterior la trayectoria de los vehículos no se intersecan en trazadas secantes, convergen y divergen tangencialmente, lo que mejora y aumenta la seguridad reduciendo los puntos de conflictos en la intersección.

Figura 7 Intersección giratoria.



Nota: Gallardo Víctor (2005). Funciones de la rotondas urbanas y requerimientos de la urbanísticos de organización.

De acuerdo con la geometría de estas intersecciones se define el modo de utilización, de igual manera se define las reglas y prioridades de los vehículos circulantes en las calzadas respecto a los que entran en ella. (Gallardo Víctor, 2005)

6.1.3.2 Elementos de una glorieta

Una glorieta se compone de elementos de acuerdo con la topografía de la zona, de igual manera estos elementos se definen conforme al diseño de la intersección, cómo a su funcionalidad, capacidad y seguridad, entre los principales elementos que la componen se encuentran:

6.1.3.2.1 Anillo de circulación.

Es la zona de circulación también llamada calzada anular, comprende el diámetro exterior y el islote central, generalmente su geometría es circular, pero en algunos casos es elíptica. (Gallardo Víctor, 2005)

6.1.3.2.2 Islote central.

Zona no destinada a la circulación vehicular, está comprendida en el interior del anillo de circulación, en el mayor de los casos suele ser circular, en otros casos es oval o elíptico. (Gallardo Víctor, 2005)

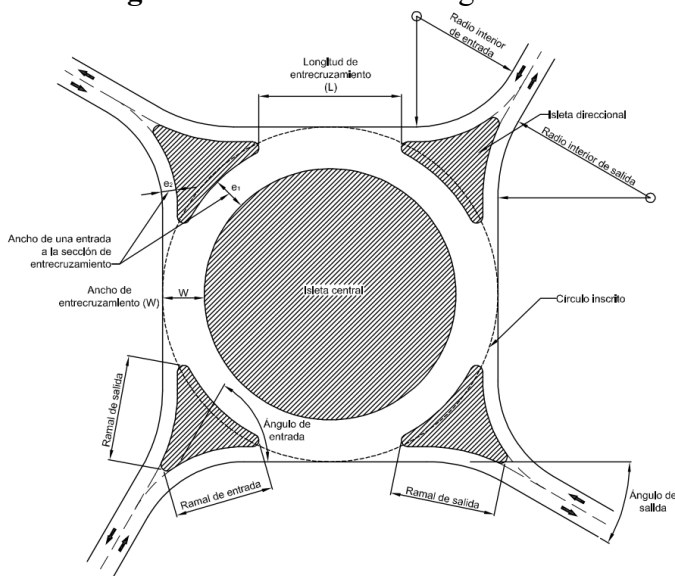
6.1.3.2.3 Ramales de entrada y salida.

El ramal de entrada corresponde a la calzada que empalma en la intersección y que se separa entre si mediante una señal reglamentaria de ceda el paso. Como normativa y seguridad se recomienda que los radios de salida sean mayores que los radios de entrada mejorando las condiciones de seguridad. (Gallardo Víctor, 2005)

6.1.3.2.4 Isletas direccionales.

Zonas ubicadas entre los ramales de entrada o de salida y los brazos de la rotonda, generalmente tienen forma triangular y separan los sentidos de circulación del ramal. (Gallardo Víctor, 2005)

Figura 8 Elementos de una glorieta



Nota: Invias. (2008). Manual de diseño geométrico.

6.1.3.3 Tipos de glorieta.

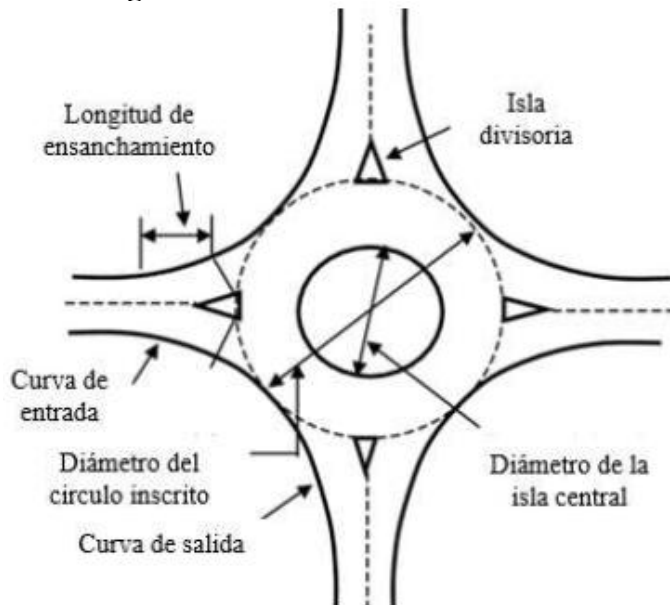
Las glorietas se diseñan de acuerdo a la necesidad de su funcionamiento, y este mismo depende de factores especiales como el número de carriles requeridos, prioridades de paso, volumen vehicular de la intersección y las características principales del entorno urbano.

6.1.3.3.5 Glorieta convencional.

Se desarrollaron a partir de la modificación de las primeras glorietas en Estados Unidos, ya que estas priorizaban el ingreso de vehículos a alta velocidad, lo que derivaba en accidentes y congestión. Estas consisten en la adopción de la regla de ceda el paso creado en Reino

Unido en el año de 1996 que se consolidó el diseño moderno de glorietas, disminuyendo la accidentalidad, mejorando la seguridad y la operación. (FHWA,2010)

Figura 9 Glorieta convencional.



Nota: Gkyrtis, k, &Kokkalis A. (2024) Componentes principales de una glorieta.

6.1.4 Capacidad y nivel de servicio

Con la definición de los volúmenes de tránsito actual y futuros, así como la geometría a implementar se evalúa la demanda la cual corresponde a una medida de eficiencia con la que el sistema vial presta el servicio a esta demanda. (Cal & Mayor, 2008)

6.1.4.1 Nivel de servicio

Para los autores Cal & Mayor el nivel de servicio se define como una medida cualitativa en las cuales se puede clasificar y describir las condiciones de flujo vehicular, estas medidas de clasificación pueden ser determinadas mediante factores como velocidad de desplazamiento y tiempos de recorrido. Adicionalmente según el manual de capacidad y nivel de servicio para carreteras del Invias, el nivel de servicio se define como la calidad del servicio que ofrece una vía a sus usuarios, el cual se refleja en grado de satisfacción o contrariedad al usar la vía.

En Colombia los niveles de servicio se han dividido en 6 los cuales se clasifican alfabéticamente desde la letra A hasta la letra F de la siguiente manera:

Tabla 2 Nivel de servicio

Nivel de servicio	Características
A	Tráfico con flujo libre, tránsito con velocidad adecuada y facilidad de maniobras dentro de la corriente vehicular.
B	Restricciones mínimas al flujo libre, mínima reducción de velocidad, se disminuye la libertad de maniobrar dentro de la corriente vehicular.
C	Se presentan interferencias tolerables a la hora de conducir con la velocidad deseada dentro de una corriente vehicular.
D	No existe libertad para conducir con la velocidad deseada ya que ocurren interferencias frecuentes con otros vehículos en la corriente vehicular.
E	El tránsito fluye sin interrupciones, aunque se presenta velocidades bajas, las cuales impiden maniobras de adelantamiento, lo cual reduce los niveles de libertad y comodidad.
F	Presenta niveles altos de congestión formando largas colas y las operaciones dentro de esta corresponde a constantes paradas y avances cortos.

Nota: Adaptado del Manual de capacidad y niveles de servicio para carreteras, Invias 2018 Cal & Mayor clasifica los niveles de servicios en segmentos básicos conforme a la densidad de automóviles/km/carril.

Tabla 3 Niveles de servicio para segmentos básicos

Nivel de servicio	Densidad (automóviles/km/carril)
A	≤ 7
B	$< 7-11$
C	$< 11-16$
D	$< 16-22$
E	$< 22-28$
F	≥ 28

Nota: Cal & Mayor, (2008). Ingeniería de Tránsito.

6.2 Marco Normativo

El presente proyecto se basa en la siguiente normatividad vigente y regulada por el Ministerio de Transporte de Colombia.

Ley 769 de 2002 por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Se definen velocidades máximas en puntos específicos, se dictan algunas prohibiciones en aras de mantener la seguridad vial, se definen prelación en intersecciones y giros y se dictan a nivel general los parámetros a seguir.

Resolución 3288 de 2007 del Ministerio de Transporte, por la cual se actualizan las especificaciones generales de construcción de carreteras.

Resolución 1240 de 2013, por la cual se adoptan los criterios técnicos, la Matriz y la Guía Metodológica para la categorización de las vías que conforman el Sistema Nacional de Carreteras o Red Vial Nacional y se dictan otras disposiciones. Se dictan criterios de funcionalidad de la vía, Tránsito Promedio Diario TPD, características geométricas de la vía.

Resolución 1240 de 2013, por la cual se adoptan los criterios técnicos, la Matriz y la Guía Metodológica para la categorización de las vías que conforman el Sistema Nacional de Carreteras o Red Vial Nacional y se dictan otras disposiciones. Se dictan criterios de funcionalidad de la vía, Tránsito Promedio Diario TPD, características geométricas de la vía.

Manual de diseño geométrico INVIAS 2008.

Manual de diseño de señalización INVIAS 2024.

6.3 Marco Geográfico.

La zona de investigación se encuentra ubicada en la localidad de Engativá situada al noroccidente de la ciudad de Bogotá, sus características principales son una temperatura promedio de 18°C, una elevación aproximada de 2600 msnm, la localidad de Engativá, limita al norte con la localidad de suba y el río Juan amarillo, al oriente con las localidades de Barrios Unidos y Teusaquillo teniendo como línea divisoria la Avenida Carrera 68, al sur limita con la localidad de Fontibón divididas por la avenida Calle 26, al occidente limita con el municipio de Cota separada por el río Bogotá.

La intersección se encuentra ubicada en la avenida Calle 80 con la conexión Lisboa en la salida occidental de la ciudad de Bogotá.

Figura 10 Localización zona de estudio.



Nota: procesamiento realizado por el autor con base a imagen satelital de Google Earth.

7 Metodología

7.1 Análisis de tránsito en la intersección

7.1.1 Determinación del tránsito promedio diario (TPD) en la zona de influencia de la zona en estudio.

Para el cálculo del TPD se requieren insumos, y su procesamiento se menciona a continuación:

- Recolección de información secundaria, suministrada por la secretaría distrital de movilidad mediante radicado No 202521010419791, los aforos se han realizado en fechas variables y no se cuenta con tomas continuas en una semana.
- Análisis de la información secundaria y cálculo del período de aforo, se tomó la estación 9508 se procede realizar el análisis de la toma de datos tomada los miércoles 16, jueves 17 de abril y sábado 19 de abril (día atípico).
- Análisis de la información en la cual se caracterizan los aforos vehiculares por tipo de vehículo.

- Análisis y proyección de tráfico a 30 años.
- Cálculo del TPD actual y del TPD para el tiempo proyectado.

7.1.1.1 Análisis de información secundaria

La solicitud se realizó ante la secretaría distrital de movilidad y fue compartida por la entidad, la recopilación de la información fue compartida por Drive. Con este insumo se procedieron a realizar las siguientes actividades:

- Análisis y caracterización para los periodos de toma de información.
- Los aforos de los días seleccionados corresponden a datos de aforos continuos realizados durante las 24 horas en los días analizados. El procesamiento de la información consistió en la depuración, validación y consolidación de los registros horarios con el propósito de identificar los periodos de máxima demanda, calcular los volúmenes diarios de tránsito y caracterización de las condiciones de operación de la intersección objeto de estudio
- Identificación de los factores de crecimiento para proyección de volúmenes a 30 años de la zona de estudio.

Para el estudio se utilizó la estación 9508 la cual se encuentra supervisada por la secretaría distrital de movilidad, actualmente es administrada por el contratista “Consorcio S.A” y cuyo objeto del contrato es “Capturar y procesar la información de campo como complemento al monitoreo, seguimiento y planeación del tránsito y el transporte de Bogotá D.C” con número de contrato 2024-364. A continuación, se relaciona la información suministrada por la entidad distrital y la cual se ha empleado como base para el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 4 Información disponible zona de estudio.

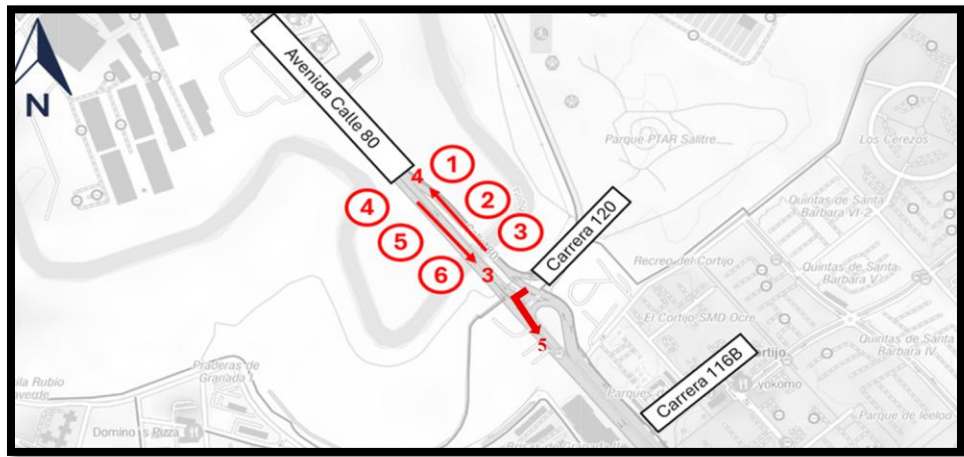
Ubicación estación	información	Fecha de toma	Contrato
Estación 9508 (AV 80 KR120)		16, 17 Y 19 de abril 2025	2024-364.
Estación 9535 (AV 80 KR120)		11 de diciembre 2021	1551-2021

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Los aforos son organizados para los 2 movimientos predominantes en la intersección tal y como se observa en la siguiente ilustración. El movimiento 5 Salida y acceso a la TV120 se encuentran desactualizados, por lo cual se toma información correspondiente al día 15 de

diciembre como base y se adapta a las condiciones de proyección de los movimientos predominantes con el fin de realizar la simulación un PTV Vissim.

Figura 11 Movimientos aforados



Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 5 Movimientos aforados

Id	Movimiento	Descripción
Acceso Occidente-Oriente	3	Calle 80 ingreso a Bogotá
Acceso Oriente-Occidente	4	Calle 80 Salida de Bogotá
Acceso Tv 120	5	Calle 80-TV120

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

A continuación, se observan los datos obtenidos de los formatos de toma de datos suministrados por la Secretaría Distrital de Movilidad, se presentan el aforo correspondiente al movimiento 3 del día típico 17 de abril del año 2025, el archivo base el cual contiene los aforos de los demás días evaluados puede ser revisado en el Anexo. Volumen I. 2. Aforos procesados.

Tabla 6 Aforo vehicular movimiento 3 día típico

INICIO	FIN	LIV	BUS	INT	CAM	MOTOS	BICI
00:00	00:15	49	10	0	30	50	10
00:15	00:30	51	10	0	20	20	5
00:30	00:45	37	11	0	23	15	5
00:45	01:00	26	6	0	22	33	3
01:00	01:15	30	2	0	19	22	0
01:15	01:30	16	2	0	14	11	0
01:30	01:45	22	1	0	20	20	3
01:45	02:00	20	1	0	23	20	0
02:00	02:15	16	1	0	10	10	0
02:15	02:30	22	8	0	12	12	0
02:30	02:45	17	4	0	17	17	2
02:45	03:00	15	0	1	12	6	4
03:00	03:15	22	5	1	21	14	0
03:15	03:30	19	3	1	21	12	2
03:30	03:45	41	2	2	34	19	4
03:45	04:00	28	2	3	27	5	0
04:00	04:15	27	3	1	20	19	4
04:15	04:30	50	3	2	28	29	18
04:30	04:45	32	7	4	28	24	36
04:45	05:00	47	9	9	43	36	26
05:00	05:15	45	8	14	46	52	12
05:15	05:30	54	12	10	55	77	55
05:30	05:45	76	23	21	48	60	33
05:45	06:00	98	31	31	66	69	42
06:00	06:15	159	43	40	145	323	76
06:15	06:30	163	47	33	139	395	127
06:30	06:45	180	45	27	165	408	132
06:45	07:00	198	23	31	168	427	109
07:00	07:15	182	20	28	166	445	75
07:15	07:30	201	21	26	188	429	63
07:30	07:45	178	23	30	193	403	51
07:45	08:00	162	22	25	175	392	36
08:00	08:15	233	12	23	196	383	31
08:15	08:30	284	10	22	205	357	38
08:30	08:45	236	8	20	210	329	26
08:45	09:00	191	9	23	182	312	54
09:00	09:15	216	6	21	187	226	28
09:15	09:30	177	7	20	162	231	35
09:30	09:45	206	4	26	157	216	41
09:45	10:00	198	6	16	198	249	53
10:00	10:15	273	4	22	181	211	47
10:15	10:30	241	5	20	184	193	39
10:30	10:45	236	6	19	191	251	31
10:45	11:00	190	9	21	173	219	24
11:00	11:15	213	5	26	196	185	17
11:15	11:30	206	4	23	189	223	11
11:30	11:45	212	9	19	201	234	15
11:45	12:00	217	5	25	208	232	20
12:00	12:15	269	13	24	189	271	28
12:15	12:30	324	9	30	272	260	34
12:30	12:45	298	7	27	147	255	59
12:45	13:00	284	5	20	124	212	80
13:00	13:15	271	8	32	145	243	73
13:15	13:30	248	19	26	131	269	82
13:30	13:45	266	11	19	139	288	97
13:45	14:00	253	6	29	152	347	94

INICIO	FIN	LIV	BUS	INT	CAM	MOTOS	BICI
14:00	14:15	269	12	26	141	384	89
14:15	14:30	230	36	23	119	516	182
14:30	14:45	210	46	25	87	449	203
14:45	15:00	226	15	20	85	377	189
15:00	15:15	259	22	23	76	384	163
15:15	15:30	248	24	25	65	357	126
15:30	15:45	270	18	31	93	321	142
15:45	16:00	241	16	24	98	309	124
16:00	16:15	250	30	28	112	376	171
16:15	16:30	265	58	30	86	409	239
16:30	16:45	279	39	31	118	422	246
16:45	17:00	226	31	25	94	398	219
17:00	17:15	265	23	23	86	434	231
17:15	17:30	277	32	21	74	498	293
17:30	17:45	259	20	24	57	435	311
17:45	18:00	228	14	21	80	572	279
18:00	18:15	207	12	23	69	471	254
18:15	18:30	219	24	20	64	424	216
18:30	18:45	188	11	24	58	371	213
18:45	19:00	171	15	15	41	239	132
19:00	19:15	185	22	24	44	241	141
19:15	19:30	153	20	14	46	189	82
19:30	19:45	137	19	19	45	210	72
19:45	20:00	131	11	13	48	133	60
20:00	20:15	140	27	17	40	177	33
20:15	20:30	133	12	10	34	156	70
20:30	20:45	104	12	12	47	125	60
20:45	21:00	150	7	12	36	101	47
21:00	21:15	406	19	17	29	149	51
21:15	21:30	256	30	9	41	168	70
21:30	21:45	169	16	8	26	106	81
21:45	22:00	132	15	12	18	95	51
22:00	22:15	117	24	7	17	150	47
22:15	22:30	119	68	8	16	258	188
22:30	22:45	119	25	1	25	145	168
22:45	23:00	70	15	0	25	72	21
23:00	23:15	76	12	2	25	41	24
23:15	23:30	75	6	0	16	44	5
23:30	23:45	43	14	0	32	56	15
23:45	00:00	60	8	1	28	49	14

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.1.1.2 Cálculo del TPD semanal zona de estudio

A continuación, se presenta el procedimiento con el cual se calculó el TPD:

Según los conceptos mencionados en el capítulo 6 del presente proyecto el tránsito semanal (TS) corresponde a la cantidad de vehículos que transitan en una semana. Para este proyecto no es posible recopilar datos de toma continua durante el lapso de una semana, se cuenta con información para 2 días típicos y un día atípico, por lo cual el tránsito promedio diario semanal (TPDS) se calculó usando la siguiente ecuación:

Ecuación 3 Calculo tránsito promedio diario semanal

$$TPDS = \frac{(Vol. Típico * 5 + Vol. Atípico * 2)}{7}$$

Dado que no se cuenta con una toma constante de datos para un valor semanal completo, se decidió tomar el día con mayor volumen vehicular con el fin de simular la condición más crítica del corredor.

Partiendo de los valores obtenidos para el TPDS se procedió a calcular el volumen de tráfico anual de la intersección, tomando el TPDS por los 365 días del año, obteniendo como resultado el TPDA por tipo de vehículo.

Tabla 7 Tránsito promedio diario semanal TPDS

SENTIDO	LIVIANOS	BUS	INTERMUNICIPAL	CAMIONES	MOTOS	BICI
OCC-ORIENTE	19 345	1 328	1 483	7 255	19 000	6 452
ORIENTE-OCC	24 655	1 326	1 580	5 701	13 371	2 062

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 8 Tránsito promedio diario anual TPDA

SENTIDO	LIVIANOS	BUS	INTERMUNICIPAL	CAMIONES	MOTOS	BICI
OCC-ORIENTE	7 061 029	484 668	541 399	2 647 919	6 935 052	2 354 980
ORIENTE-OCC	8 998 971	483 834	576 596	2 080 917	4 880 311	752 786

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

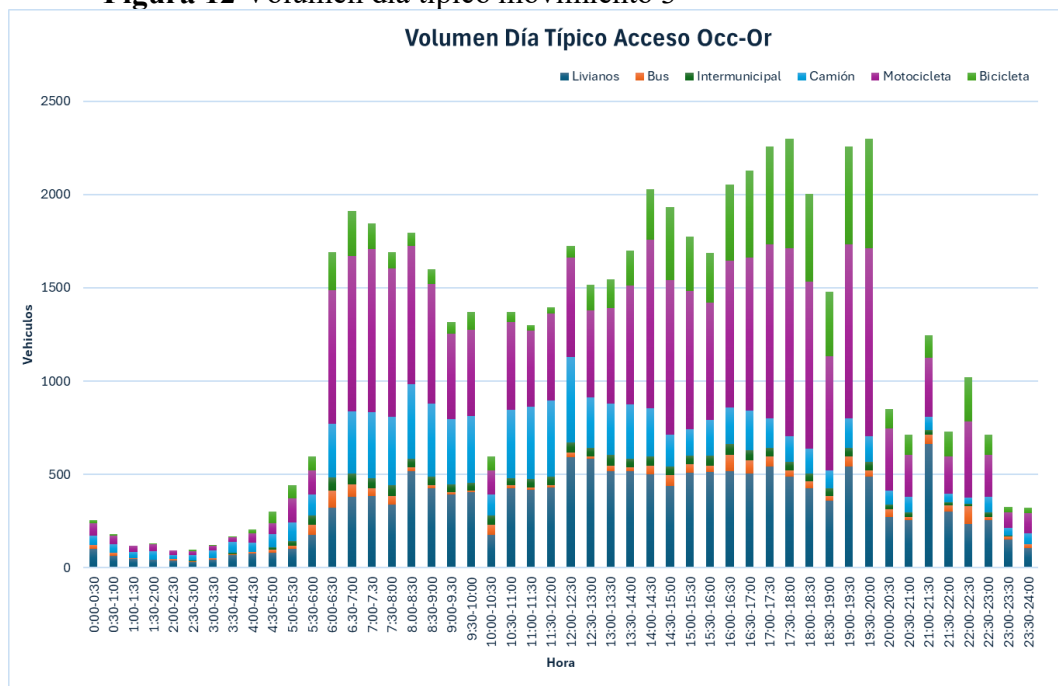
7.1.1.3 Composición Vehicular.

Evaluando la información anterior se determina que los ramales que más impactan y aportan tráfico a la intersección son entrada a Bogotá Acceso Occidente- Oriente que corresponde al movimiento 3 y salida de Bogotá acceso Oriente-Occidente movimiento 4. Una vez determinado la predominancia y mayor aporte de flujo vehicular, se procede a realizar el respectivo análisis con el fin de determinar el volumen diario, la composición vehicular y el volumen horario de máxima demanda y el factor de hora pico para los 2 movimientos en día típico y el respectivo día atípico.

Las tablas a detalle se encuentran en el anexo I. Tránsito, 2. Procesamiento Aforos, A continuación, se presentan las gráficas obtenidas para volumen vehicular de día típico y atípico.

La figura 12 muestra el comportamiento horario del tránsito para el movimiento 3 correspondiente al acceso Occidente-Oriente, asociado al ingreso hacia la ciudad de Bogotá. Se observa una condición de baja demanda durante el período nocturno comprendido entre las 00:00 y las 05:00 horas, seguido por un incremento progresivo del flujo vehicular a partir de las primeras horas de la mañana. Durante el período comprendido entre las 06:00 y las 09:00 se presenta una primera concentración de demanda asociada a desplazamientos laborales y académicos mientras que entre las 12:00 y las 18:00 horas se mantiene una condición de alta demanda particularmente entre las 16:30 y las 17:30 horas, comportamiento que coincide con la hora pico identificada en el capítulo 7.1.1.4 Factor de hora pico.

Figura 12 Volumen día típico movimiento 3

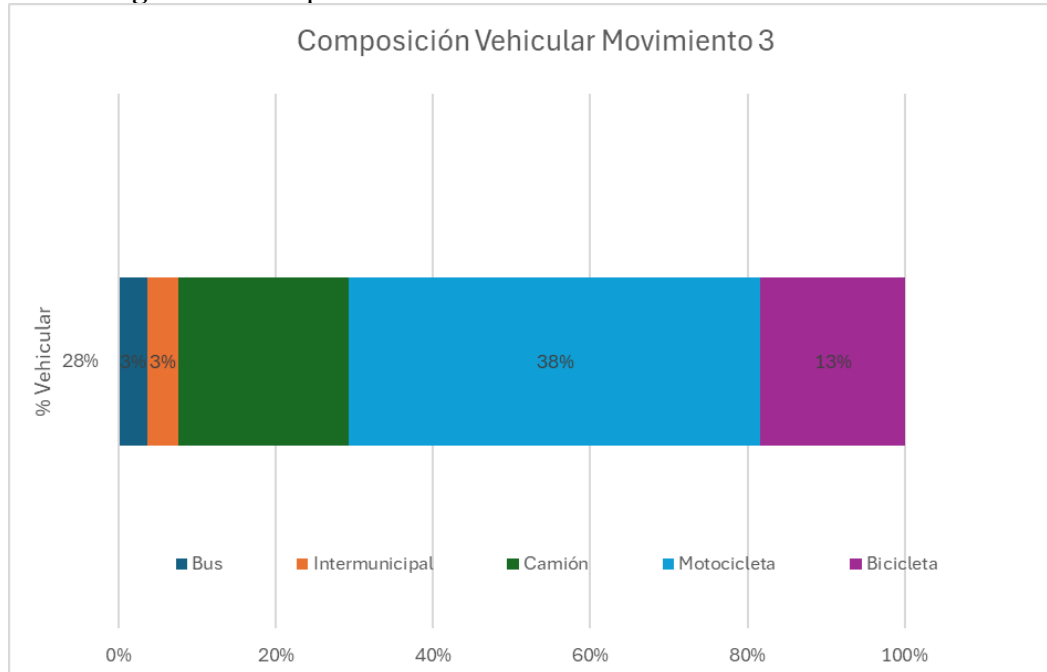


Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

La figura 13 evidencia que los vehículos livianos y las motocicletas constituyen la mayor proporción del tránsito que circula por esta calzada, representando conjuntamente cerca de tres cuartas partes del flujo total. Adicionalmente, se observa una participación importante de vehículos de carga, situación consistente con la función estratégica de este importante corredor. La elevada presencia de camiones constituye un factor relevante en la capacidad operacional de la infraestructura, debido a su influencia sobre la velocidad de circulación, así

como las maniobras de adelantamiento los cuales influyen en los niveles de servicio de la intersección.

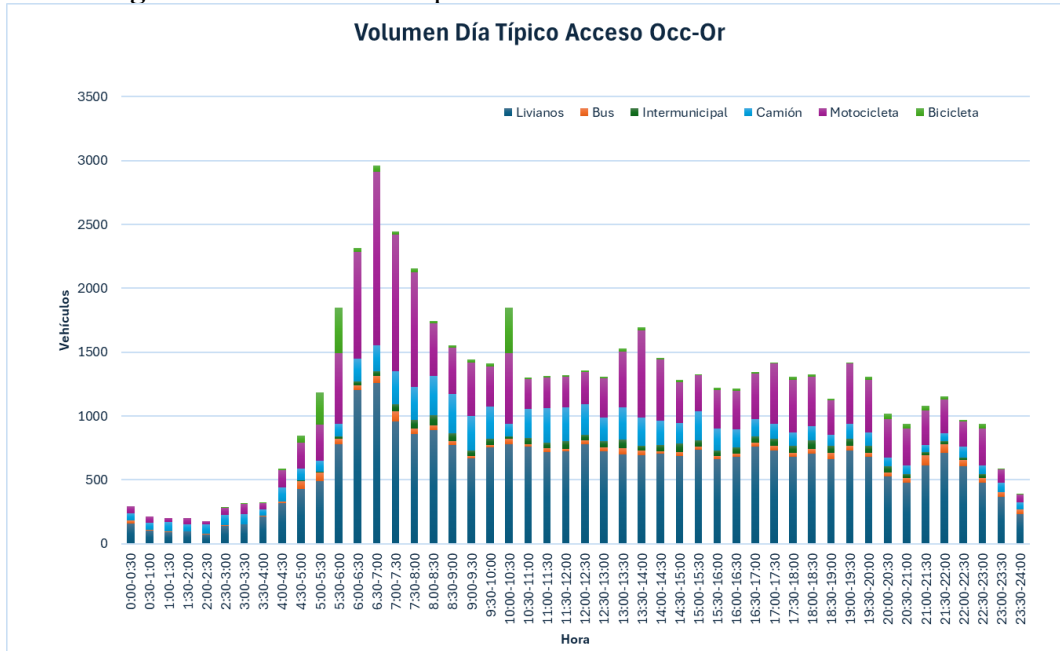
Figura 13 Composición vehicular movimiento 3



Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

La figura 14 representa el comportamiento horario del tránsito correspondiente al movimiento 4, asociado a la salida de la ciudad de Bogotá hacia el sector de Siberia y los municipios de la Sabana Occidental. A diferencia del movimiento 3, se observa una concentración mucho más marcada durante las primeras horas de la mañana, alcanzando los mayores volúmenes de circulación entre las 05:45 y las 07:00 horas. Esta variación refleja la dinámica de desplazamientos desde los lugares de residencia hacia los lugares de trabajo en dirección a las zonas industriales y logísticas ubicadas en el occidente de la región. Posteriormente los volúmenes disminuyen gradualmente y se estabilizan durante el resto del día.

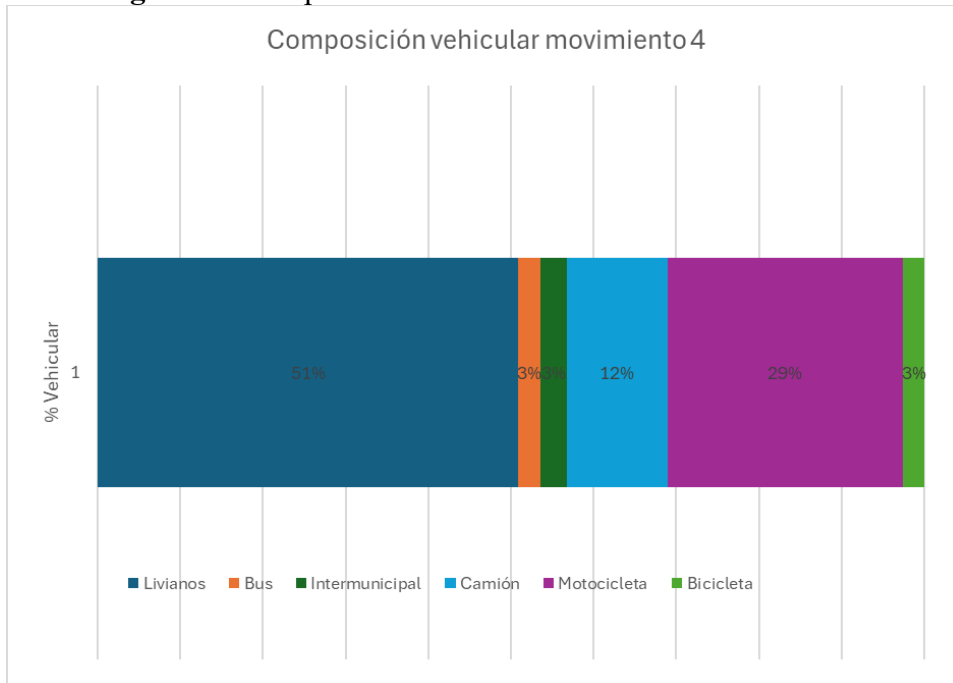
Figura 14 Volumen día típico movimiento 4



Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

La figura 15 muestra la composición vehicular del movimiento 4, donde predominan claramente los vehículos livianos, seguidos por las motocicletas. Aunque los vehículos pesados representan una proporción menor frente a los livianos, su participación continúa siendo significativa debido a la vocación logística industrial del corredor. Esta distribución confirma que la mayor demanda de salida de Bogotá está asociada principalmente a desplazamientos cotidianos de colaboradores de empresas privadas y usuarios particulares, complementados por flujos de transporte de mercancías que utilizan la Calle 80 como corredor principal de acceso regional.

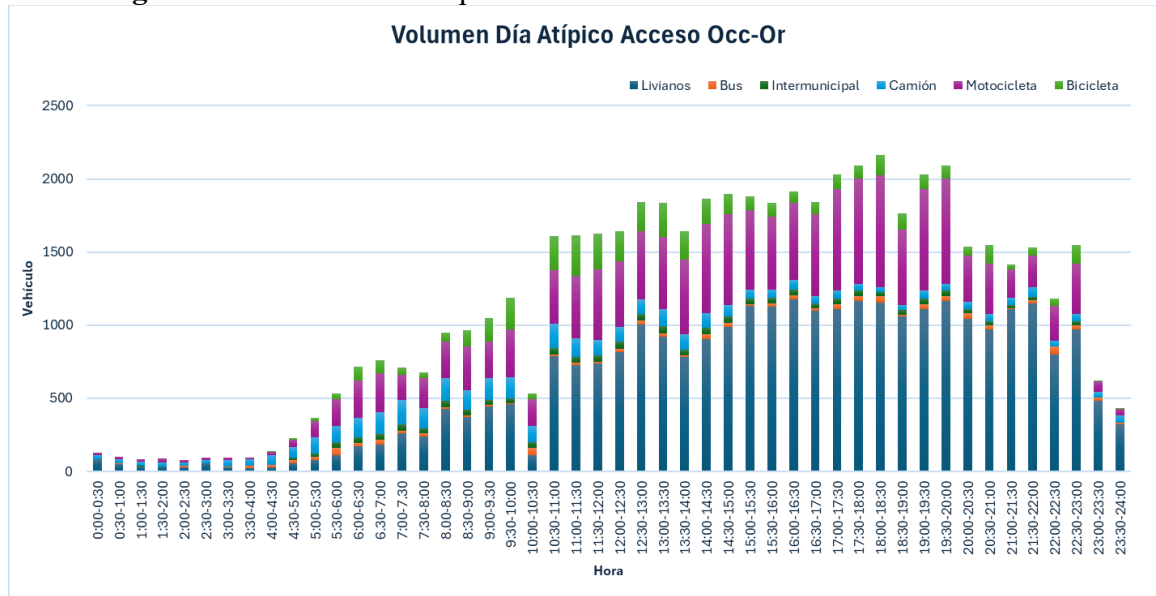
Figura 15 Composición vehicular movimiento 4



Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

La figura 16 representa el comportamiento del tránsito para el movimiento 4 durante el día atípico correspondiente al sábado. A diferencia del día laboral típico, los máximos volúmenes no se concentran durante las primeras horas de la mañana, sino que se distribuyen de manera más uniforme a lo largo del día, alcanzando sus mayores valores entre las 12:00 y las 20:00 horas. Este comportamiento es consistente con los patrones de movilidad propios de los fines de semana, donde predominan actividades recreativas, comerciales y de ocio.

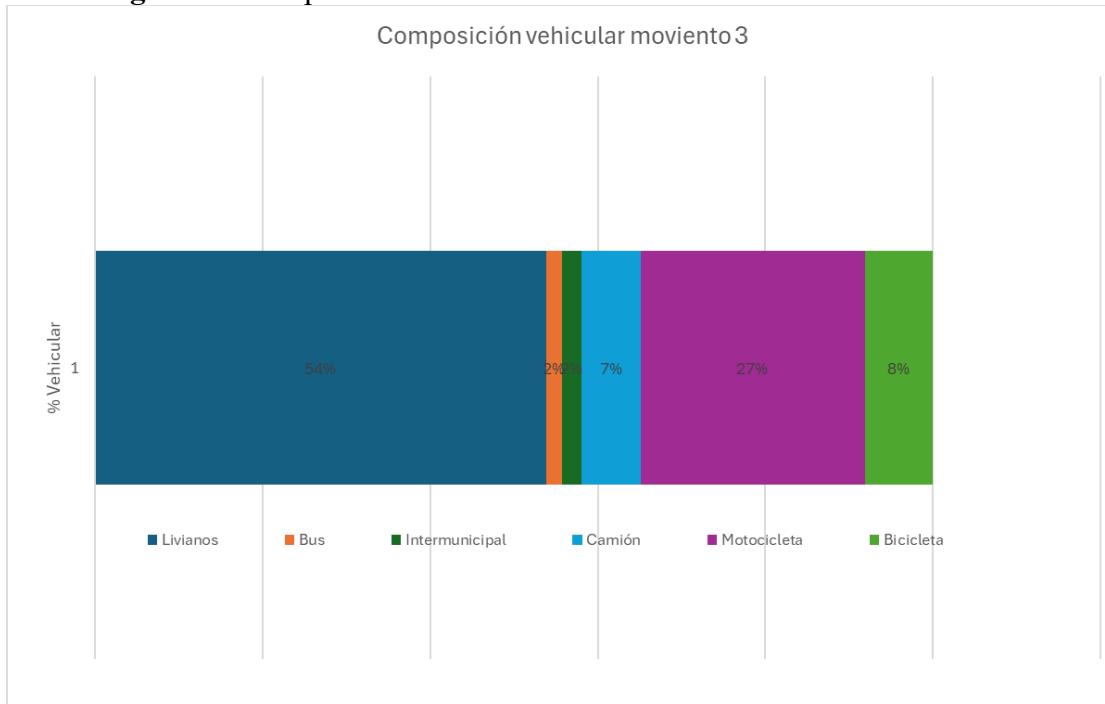
Figura 16 Volumen día Atípico movimiento 4



Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

La figura 17 evidencia que, aunque continúan predominando los vehículos livianos dentro de la composición del tránsito, aumenta la participación relativa de motocicletas respecto a lo observado durante los días laborales. Este comportamiento puede asociarse a una mayor utilización de modos alternativos de transporte durante el fin de semana y a una disminución de la participación de vehículos asociados a actividades económicas y logísticas.

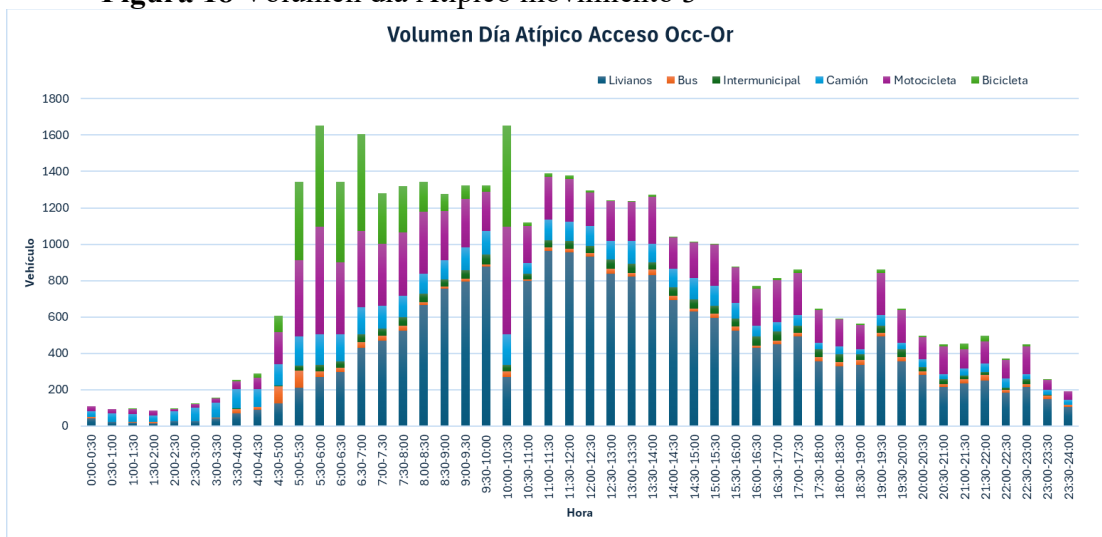
Figura 17 Composición vehicular movimiento 3



Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

LA figura 18 muestra el comportamiento horario del tránsito para el movimiento 3 durante el día atípico sábado. En este caso se observa una baja demanda durante las horas nocturnas y un crecimiento progresivo desde las primeras horas de la mañana hasta alcanzar los mayores volúmenes alrededor del mediodía y primeras horas de la tarde, en comparación con el día típico, los volúmenes máximos son inferiores y presentan una distribución más homogénea a lo largo del día, lo que evidencia menores niveles de concentración de demanda.

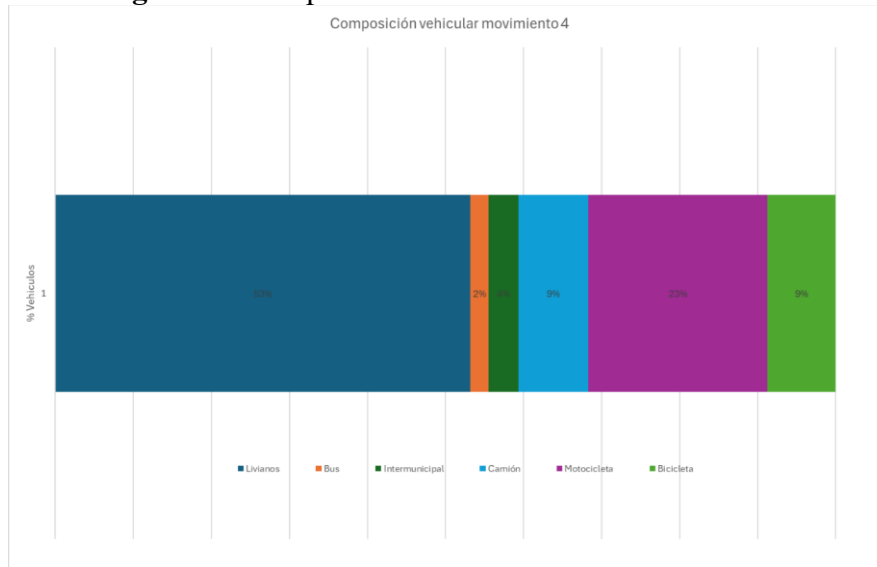
Figura 18 Volumen día Atípico movimiento 3



Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

La figura 19 confirma que los vehículos livianos continúan siendo la categoría predominante dentro del flujo vehicular, seguidos por motocicletas. La participación relativa de las motocicletas resulta ser superior a la observada en los días laborales, mientras que la presencia de vehículos pesados disminuye. Esta condición confirma que los fines de semana se presenta una dinámica de movilidad distinta a la de los días hábiles y, por consiguiente, los días laborales típicos representan la condición crítica de diseño utilizada en la evaluación operacional de la intersección.

Figura 19 Composición vehicular movimiento 4



Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.1.1.4 Factor de hora pico

Con ayuda de las gráficas obtenidas para el volumen de flujo vehicular diario, se procede a obtener la franja horaria con mayor cantidad de tránsito vehicular, usando la ecuación de factor de hora pico se procede a realizar el respectivo cálculo para los 2 accesos en su respectivo día típico y atípico.

Tabla 9 Franja horaria con mayor volumen Acceso Occidente-Oriente día típico.

INICIO	FIN	LIVIANOS	BUS	INTERM.	CAMIÓN	MOTO	BICI	MIXTO
16:30	16:45	279	39	31	118	422	246	1135
16:45	17:00	226	31	25	94	398	219	993
17:00	17:15	265	23	23	86	434	231	1062
17:15	17:30	277	32	21	74	498	293	1195

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 10 Factor de hora pico Acceso Occidente-Oriente día típico.

INICIO	FIN	MIXTO	VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD) Veh/hora	FACTOR DE HORA PICO
16:30	16:45	1135	1195	0.92
16:45	17:00	993		
17:00	17:15	1062		
17:15	17:30	1195		

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 11 Franja horaria con mayor volumen Acceso Oriente-Occidente día típico.

INICIO	FIN	LIVIANOS	BUS	INTERM.	CAMIÓN	MOTO	BICI	MIXTO
05:45	06:00	436	26	10	58	343	150	1023
06:00	06:15	508	20	14	77	431	11	1061
06:15	06:30	697	16	17	98	407	22	1257
06:30	06:45	659	22	19	106	653	27	1486

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 12 Factor de hora Acceso Oriente-Occidente día típico.

INICIO	FIN	MIXTO	VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD) Veh/hora	FACTOR DE HORA PICO
05:45	06:00	1023	1486	0.81
06:00	06:15	1061		
06:15	06:30	1257		
06:30	06:45	1486		

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 13 Franja horaria con mayor volumen Acceso Occidente-Oriente día atípico.

INICIO	FIN	LIVIANOS	BUS	INTERM.	CAMIÓN	MOTO	BICI	MIXTO
17:15	17:30	532	16	17	23	365	52	1005
17:30	17:45	564	15	19	24	333	46	1001
17:45	18:00	602	20	18	21	387	42	1090
18:00	18:15	627	23	16	16	391	61	1134

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 14 Factor de hora pico Acceso Occidente-Oriente día atípico

INICIO	FIN	MIXTO	VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD) Veh/hora	FACTOR DE HORA PICO
17:15	17:30	1005	1134	0.93
17:30	17:45	1001		
17:45	18:00	1090		
18:00	18:15	1134		

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 15 Franja horaria con mayor volumen Acceso Oriente-Occidente día atípico.

INICIO	FIN	LIVIANOS	BUS	INTERM.	CAMIÓN	MOTO	BICI	MIXTO
06:00	06:15	128	11	20	61	160	174	554
06:15	06:30	169	14	16	85	236	268	788

INICIO	FIN	LIVIANOS	BUS	INTERM.	CAMIÓN	MOTO	BICI	MIXTO
06:30	06:45	210	12	20	71	193	258	764
06:45	07:00	220	18	26	78	223	278	843

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 16 Factor de hora pico Acceso Oriente-Occidente día atípico

INICIO	FIN	MIXTO	VOLUMEN HORARIO DE MÁXIMA DEMANDA (VHMD) Veh/hora	FACTOR DE HORA PICO
06:00	06:15	554	843	0.87
06:15	06:30	788		
06:30	06:45	764		
06:45	07:00	843		

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.1.2 Proyección vehicular.

Para este proyecto se plantean proyecciones de tránsitos futuros en los horizontes de 5, 10, 15, 20, 25, 30 años, se determinó el crecimiento normal del tránsito sobre las calzadas a diseñar y el respectivo crecimiento del tránsito. A continuación, se desarrolla el procedimiento empleado para realizar las proyecciones mediante los diferentes métodos planteados por la bibliografía de Cal y Mayor.

7.1.2.1 Proyección método lineal.

La proyección de volúmenes vehiculares se realizó a partir del TPDS (Veh/día) calculado anteriormente, proyectando volúmenes para un periodo de diseño de 30 años.

El crecimiento del tránsito se calculó para cada tipo de vehículo aforado conforme a las siguientes tablas.

Tabla 17 Proyección método lineal vehiculos livianos.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	xi ²	xiyi	yi ²
2021	16301	1	16301	1	16301	265727258
2022	14719	2	14719	4	29439	216661577
2023	18759	3	18759	9	56276	351884002
2024	18638	4	18638	16	74553	347380369
2025	20810	5	20810	25	104052	433070964
Sumatorias		15	89228	55	280620	1614724172

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 18 Proyección método lineal bus.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	xi ²	xiyi	yi ²
2021	1393	1	1393	1	1393	1940449
2022	1474	2	1474	4	2947	2171413
2023	1416	3	1416	9	4249	2005865
2024	1623	4	1623	16	6494	2635520
2025	1809	5	1809	25	9046	3273515
Sumatorias		15	7716	55	24129	12026762

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 19 Proyección método lineal Intermunicipal.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	xi ²	xiyi	yi ²
2021	1145	1	1145	1	1145	1311025
2022	1382	2	1382	4	2764	1910319
2023	1263	3	1263	9	3789	1595169
2024	1315	4	1315	16	5260	1729225
2025	1514	5	1514	25	7570	2292412
Sumatorias		15	6619	55	20529	8838150

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 20 Proyección método lineal camión.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	xi ²	xiyi	yi ²
2021	4954	1	4954	1	4954	24543531
2022	4464	2	4464	4	8927	19924745
2023	5212	3	5212	9	15636	27164944
2024	5592	4	5592	16	22369	31273660
2025	6028	5	6028	25	30141	36340229
Sumatorias		15	26250	55	82028	139247109

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 21 Proyección método lineal motocicletas

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	xi ²	xiyi	yi ²
2021	8657	1	8657	1	8657	74943649
2022	9523	2	9523	4	19046	90687529
2023	12408	3	12408	9	37224	153958464
2024	13241	4	13241	16	52964	175324081
2025	14967	5	14967	25	74835	224011089
Sumatorias		15	58796	55	192726	718924812

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Aplicando las siguientes ecuaciones se obtiene la proyección por el método lineal para los años deseados.

$$na + (\sum_{i=1}^n xi)b = \sum_{i=1}^n yi$$

$$(\sum_{i=1}^n xi)a + (\sum_{i=1}^n xi^2)b = \sum_{i=1}^n xi.yi$$

$$y = a + bxi$$

Tabla 22 Valores estimados teóricos método lineal.

Año	Liviano	Bus	Intermunicipal	Camión	Motocicleta
2030	26902	2230	1794	7545	23196
2035	33370	2720	2130	9184	31365
2040	39839	3211	2466	10823	39534
2045	46307	3701	2802	12462	47703
2050	52776	4192	3138	14101	55872

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.1.2.2 Proyección método exponencial

El método exponencial se calculó según lo ilustrado en las siguientes tablas.

Tabla 23 Proyección método exponencial livianos.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	xi ²	lnyi	xi(lnyi)	(lnyi) ²
2021	16301	1	16301	1	9.70	9.70	94.07
2022	14719	2	14719	4	9.60	19.19	92.10
2023	18759	3	18759	9	9.84	29.52	96.81
2024	18638	4	18638	16	9.83	39.33	96.69
2025	20810	5	20810	25	9.94	49.72	98.87
Sumatorias		15		55	48.91	147.46	478.54

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 24 Proyección método exponencial bus.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	xi ²	lnyi	xi(lnyi)	(lnyi) ²
2021	1393	1	1393	1	7.24	7.24	52.41
2022	1473.57	2	1474	4	7.30	14.59	53.22
2023	1416.29	3	1416	9	7.26	21.77	52.65
2024	1623.43	4	1623	16	7.39	29.57	54.65
2025	1809	5	1809	25	7.50	37.50	56.26
Sumatorias		15		55	36.68	110.67	269.18

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 25 Proyección método exponencial intermunicipal.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	xi ²	lnyi	xi(lnyi)	(lnyi) ²
2021	1145	1	1145	1	7.04	7.04	49.61
2022	1382	2	1382	4	7.23	14.46	52.29
2023	1263	3	1263	9	7.14	21.42	51.00
2024	1315	4	1315	16	7.18	28.73	51.58
2025	1514	5	1514	25	7.32	36.61	53.62
Sumatorias		15	6619	55	35.92	108.27	258.09

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 26 Proyección método exponencial camión.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	xi ²	lnyi	xi(lnyi)	(lnyi) ²
2021	4954	1	4954	1	8.51	8.51	72.39
2022	4464	2	4464	4	8.40	16.81	70.62
2023	5212	3	5212	9	8.56	25.68	73.25
2024	5592	4	5592	16	8.63	34.52	74.46
2025	6028	5	6028	25	8.70	43.52	75.76
Sumatorias		15	26250	55	42.80	129.03	366.49

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 27 Proyección método exponencial motocicletas

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	xi ²	lnyi	xi(lnyi)	(lnyi) ²
2021	8657	1	8657	1	9.07	9.07	82.19
2022	9523	2	9523	4	9.16	18.32	83.93
2023	12408	3	12408	9	9.43	28.28	88.85
2024	13241	4	13241	16	9.49	37.96	90.08
2025	14967	5	14967	25	9.61	48.07	92.42
Sumatorias		15	58796	55	46.76	141.70	437.48

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Aplicando las siguientes ecuaciones se obtiene la proyección por el método exponencial para los años deseados.

$$n(\ln a) + (\sum xi)(\ln b) = \sum \ln yi$$

$$(\sum xi)(\ln a) + (\sum xi^2)(\ln b) = \sum xi(\ln yi)$$

$$y = a * b^{xi}$$

Tabla 28 Valores estimados teóricos método exponencial.

Año	Liviano	Bus	Intermunicipal	Camión	Motocicletas
1	15306	1353	1190	4601	8309
5	20496	1741	1460	5919	14532
10	29525	2385	1884	8111	29230
15	42531	3268	2431	11114	58791
20	61267	4478	3137	15230	118250
25	88256	6136	4048	20869	237843
30	127134	8409	5224	28595	478387

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.1.2.3 Proyección regresión curvilínea tipo potencial.

El método de proyección por el método de regresión curvilínea tipo potencial, se calculó según lo ilustrado en las siguientes tablas.

Tabla 29 Proyección método regresión potencial livianos.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	ln xi	ln yi	(ln xi) ²	(ln yi) ²	(ln xi)(ln yi)
2021	1393	1	1393	0	7	0	52	0
2022	1474	2	1474	1	7	0	53	5
2023	1416	3	1416	1	7	1	53	8
2024	1623	4	1623	1	7	2	55	10
2025	1809	5	1809	2	8	3	56	12
Sumatorias		15		4.79	36.68	6.20	269.18	35.35

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 30 Proyección método regresión potencial bus.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	ln xi	ln yi	(ln xi) ²	(ln yi) ²	(ln xi)(ln yi)
2021	1393	1	1393	0	7	0	52	0
2022	1474	2	1474	1	7	0	53	5
2023	1416	3	1416	1	7	1	53	8
2024	1623	4	1623	1	7	2	55	10
2025	1809	5	1809	2	8	3	56	12
Sumatorias		15		4.79	36.68	6.20	269.18	35.35

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 31 Proyección método regresión potencial intermunicipal.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	ln xi	ln yi	(ln xi) ²	(ln yi) ²	(ln xi)(ln yi)
2021	1145	1	1145	0	7	0	50	0
2022	1382	2	1382	1	7	0	52	5
2023	1263	3	1263	1	7	1	51	8
2024	1315	4	1315	1	7	2	52	10
2025	1514	5	1514	2	7	3	54	12
Sumatorias		15	6619	4.79	35.92	6.20	258.09	34.60

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 32 Proyección método regresión potencial camión.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	ln xi	ln yi	(ln xi) ²	(ln yi) ²	(ln xi)(ln yi)
2021	4954	1	4954	0	9	0	72	0
2022	4464	2	4464	1	8	0	71	6

2023	5212	3	5212	1	9	1	73	9
2024	5592	4	5592	1	9	2	74	12
2025	6028	5	6028	2	9	3	76	14
Sumatorias		15	26250	4.79	42.80	6.20	366.49	41.20

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 33 Proyección método de regresión potencial motocicletas

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	ln xi	ln yi	(ln xi) ²	(ln yi) ²	(ln xi)(yi)
2021	8657	1	8657	0	9	0	82	0
2022	9523	2	9523	1	9	0	84	6
2023	12408	3	12408	1	9	1	89	10
2024	13241	4	13241	1	9	2	90	13
2025	14967	5	14967	2	10	3	92	15
Sumatorias		15	58796	4.79	46.76	6.20	437.48	45.34

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Aplicando las siguientes ecuaciones se obtiene la proyección por el método curvilínea potencial para los años deseados.

$$n(\ln a) + (\sum \ln xi)b = \sum \ln yi$$

$$(\sum (\ln xi) \ln a + (\sum (\ln xi)^2)b = \sum (\ln xi)(\ln yi)$$

$$yi = a * xi^b$$

Tabla 34 Valores estimados teóricos método potencial

Año	Liviano	Bus	Intermunicipal	Camión	Motocicleta
1	15306	1356	1179	4638	4420
5	19536	1680	1423	5649	16812
10	21700	1842	1543	6151	29886
15	23076	1944	1618	6464	41843
20	24104	2020	1674	6696	53128
25	24934	2081	1718	6882	63938
30	25633	2132	1755	7037	74384

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.1.2.4 Proyección método regresión curvilínea tipo logarítmica

El método de proyección por el método de regresión curvilínea tipo logarítmica, se calculó según lo ilustrado en las siguientes tablas.

Tabla 35 Proyección método regresión logarítmica livianos.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	ln xi	(ln xi) ²	(yi) ²	(ln xi)yi
2021	16301	1	16301	0	0	265727258	0
2022	14719	2	14719	1	0	216661577	10203
2023	18759	3	18759	1	1	351884002	20608
2024	18638	4	18638	1	2	347380369	25838
2025	20810	5	20810	2	3	433070964	33493
Sumatorias		15	89227.64	4.79	6.20	1614724172	90142

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 36 Proyección método regresión logarítmica bus.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	ln xi	(ln xi) ²	(yi) ²	(ln xi)yi
2021	1393	1	1393	0	0	1940449	0
2022	1474	2	1474	1	0	2171413	1021
2023	1416	3	1416	1	1	2005865	1556
2024	1623	4	1623	1	2	2635520	2251
2025	1809	5	1809	2	3	3273515	2912
Sumatorias		15	7716	4.79	6.20	12026762	7740

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 37 Proyección método regresión logarítmica intermunicipal.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	ln xi	(ln xi) ²	(yi) ²	(ln xi)yi
2021	1145	1	1145	0	0	1311025	0
2022	1382	2	1382	1	0	1910319	958
2023	1263	3	1263	1	1	1595169	1388
2024	1315	4	1315	1	2	1729225	1823
2025	1514	5	1514	2	3	2292412	2437
Sumatorias		15	6619	4.79	6.20	8838150	6605

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 38 Proyección método regresión logarítmica camión.

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	ln xi	(ln xi) ²	(yi) ²	(ln xi)yi
2021	4954	1	4954	0	0	24543531	0
2022	4464	2	4464	1	0	19924745	3094
2023	5212	3	5212	1	1	27164944	5726
2024	5592	4	5592	1	2	31273660	7753
2025	6028	5	6028	2	3	36340229	9702
Sumatorias		15	26250	4.79	6.20	139247109	26275

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 39 Proyección método regresión logarítmica motocicletas

Año	TPDS (Veh/día)	xi	yi	ln xi	(ln xi) ²	(yi) ²	(ln xi)yi
2021	8657	1	8657	0	0	74943649	0
2022	9523	2	9523	1	0	90687529	6601
2023	12408	3	12408	1	1	153958464	13632
2024	13241	4	13241	1	2	175324081	18356
2025	14967	5	14967	2	3	224011089	24088
Sumatorias		15	58796	4.79	6.20	718924812	62677

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Aplicando las siguientes ecuaciones se obtiene la proyección por el método logarítmico para los años deseados.

$$na + (\sum \ln xi)b = \sum yi$$

$$(\sum \ln xi)a + (\sum \ln xi^2)b = \sum (\ln yi) * (yi)$$

$$yi = a + b(\ln xi)$$

Tabla 40 Valores estimados método logarítmico.

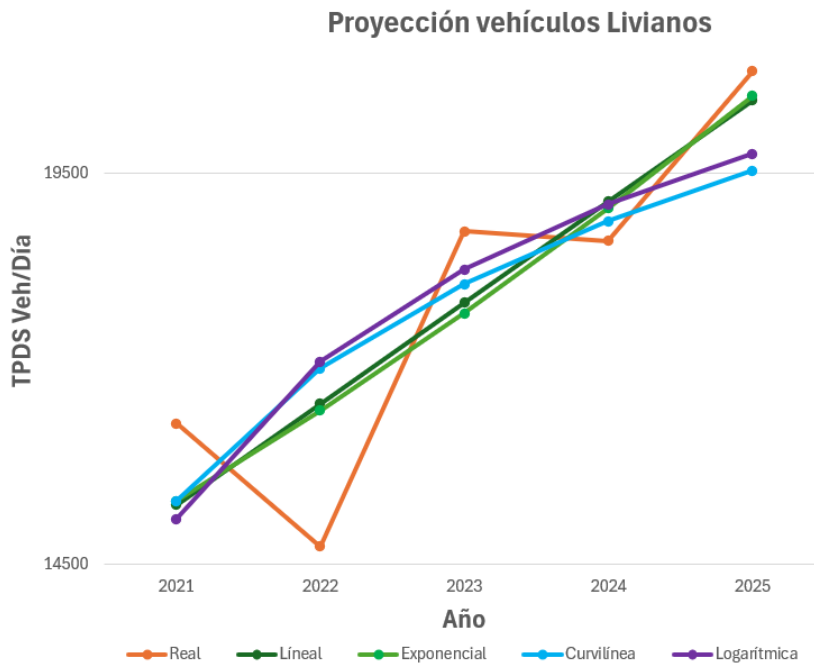
Año	Livianos	Bus	Intermunicipal	Camión	Motocicletas
1	15074	1336	1167	4580	11758
5	19750	1684	1431	5706	13405
10	21765	1834	1544	6191	14114
15	22943	1921	1611	6475	14528
20	23779	1983	1658	6676	14823
25	24427	2031	1694	6832	15051
30	24957	2071	1724	6960	15237

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.1.2.5 Volúmenes proyectados.

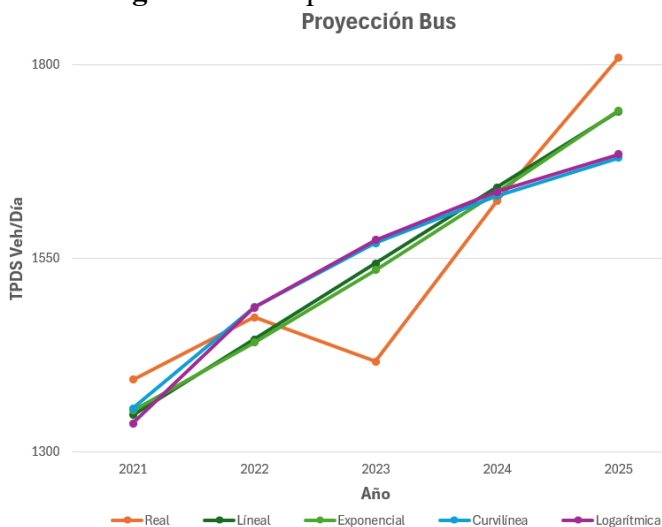
A partir de los valores obtenidos por los distintos métodos se procede a realizar el respectivo análisis con el objetivo de seleccionar el método que mejor se ajusta a las condiciones reales.

Figura 20 Comparativo métodos vehículos livianos.



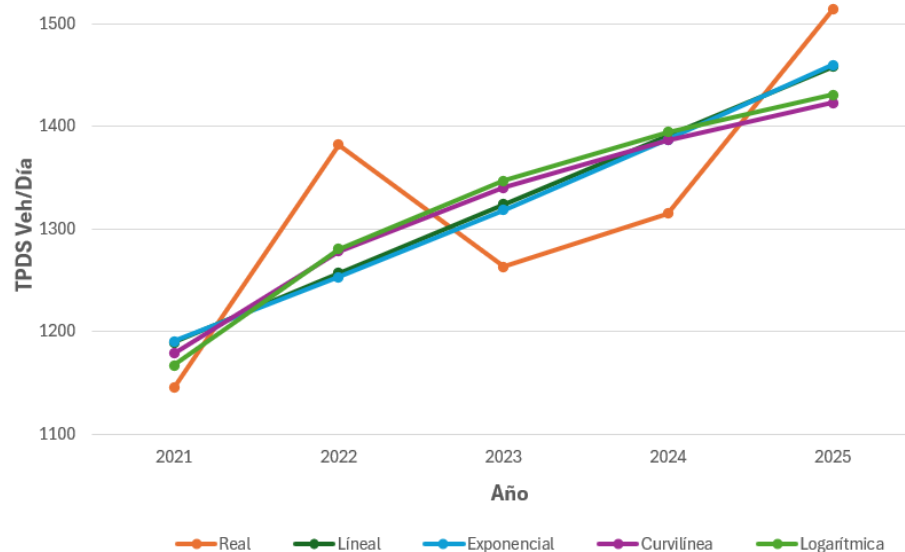
Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Figura 21 Comparativo métodos buses.



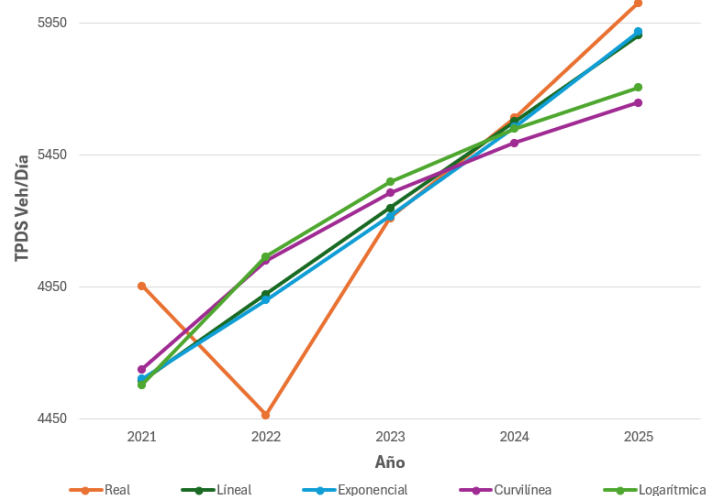
Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Figura 22 Comparativo métodos intermunicipales.
Proyección Intermunicipal



Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Figura 23 Comparativo métodos camiones.
Proyección Camión



Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tal y como se observa en los gráficos anteriores los pronósticos mediante las regresiones lineales y exponenciales tienden a la línea de valores reales en los diferentes tipos de

vehículos proyectados, por lo tanto, se adopta la regresión lineal esperando que esta tenga un mejor ajuste respecto a la tendencia de crecimiento del tránsito futuro.

En relación con lo anterior a continuación se presenta la proyección de los volúmenes en la intersección de estudio, teniendo en cuenta el método de regresión lineal como proyección del tránsito, los valores presentados corresponden a los volúmenes vehiculares acumulados por tipo de vehículo para los periodos de tiempo de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 años.

Tabla 41 Volúmenes vehiculares proyectados para el periodo de diseño.

Año	Liviano (Veh/día)	Bus (Veh/día)	Intermunicipal (Veh/día)	Camión (Veh/día)	Motocicletas (Veh/día)
2030	26902	2230	1794	7545	23196
2035	33370	2720	2130	9184	31365
2040	39839	3211	2466	10823	39534
2045	46307	3701	2802	12462	47703
2050	52776	4192	3138	14101	55872

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.2 Seguridad Vial

El análisis de siniestralidad tiene como objetivo visualizar la situación de las condiciones actuales en la zona de estudio, de igual manera identificar la gravedad, clasificar los siniestros por tipología y las posibles causas que pudieron dar origen a estos siniestros, de igual manera se representan los respectivos mapas de calor en el cual se permiten observar las zonas con mayores índices de accidentalidad en la zona de estudio.

El respectivo análisis general de siniestralidad sobre la intersección en estudio se realizó teniendo en cuenta la información extraída en el Observatorio de Movilidad de Bogotá y es un complemento al análisis de tránsito desarrollado para la intersección Av. Calle 80-TV120. Con el fin de establecer las condiciones de seguridad vial del corredor, los registros debidamente georreferenciados fueron contrastados espacialmente con los movimientos vehiculares predominantes identificados mediante los aforos suministrados por la Secretaría Distrital de Movilidad. La integración de ambas fuentes permitió identificar los sectores con mayor concentración de siniestros los cuales coinciden con los tramos donde se presentan mayores niveles de demanda vehicular y donde existe una reducción de capacidad de la infraestructura. De esta manera se logró identificar que las condiciones operacionales observadas en los aforos vehiculares presentan coherencia con los patrones especiales de

accidentalidad registrados en la zona. Al analizar la información y realizar un resumen de los datos consolidados por año, se logra identificar que para el año 2022 se registraron un total de 1325 siniestros, además se identifica que el año 2025 con 957 siniestros es el periodo de tiempo más bajo en la evaluación de siniestros, a continuación, se presenta el histórico de siniestros graves con lesionados y fallecidos en la localidad de Engativá.

Tabla 42 Siniestros viales por año

Año	Cantidad de Siniestros
2021	1042
2022	1325
2023	1211
2024	1149
2025	957

Nota: Elaborado por el autor a partir de datos recopilados en el Observatorio de Movilidad.



Nota: Elaborado por el autor a partir de datos recopilados en el Observatorio de Movilidad.

En cuanto a la gravedad de los siniestros, el Observatorio de Movilidad de Bogotá clasifica la información en dos tipos de gravedades:

- Con lesionados: evento en donde hubo al menos un lesionado, pero no hubo víctimas fatales.
- Con fallecidos: evento en donde al menos hubo una víctima fatal

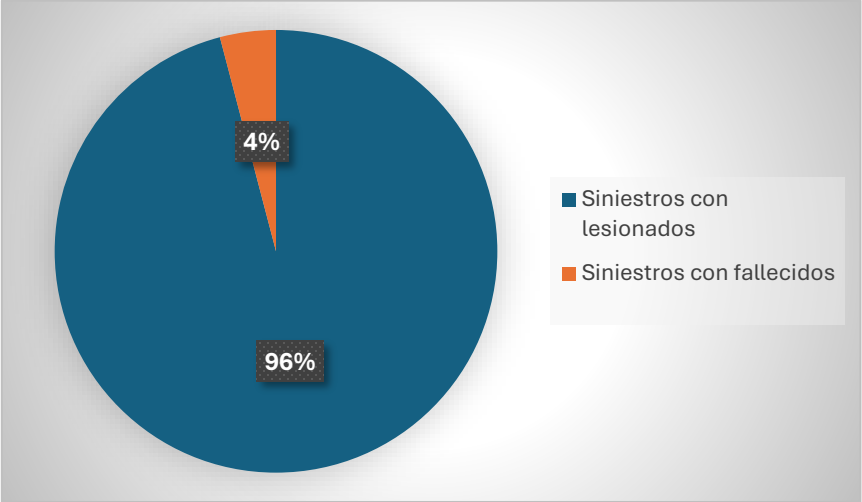
Conforme a lo anterior se obtuvo como resultado que para el período comprendido entre el año 2021 y 2025, se registraron 5452 siniestros con lesionados y 232 siniestros con fallecidos, lo que representa que en el 4% de los siniestros hubo por lo menos una víctima fatal.

Tabla 43 Número de siniestros por gravedad

Gravedad	Número de siniestros
Con lesionados	5452
Con fallecidos	232

Nota: Elaborado por el autor a partir de datos recopilados en el Observatorio de Movilidad.

Figura 25 Cuantificación porcentual por gravedad de siniestro



Nota: Elaborado por el autor a partir de datos recopilados en el Observatorio de Movilidad.

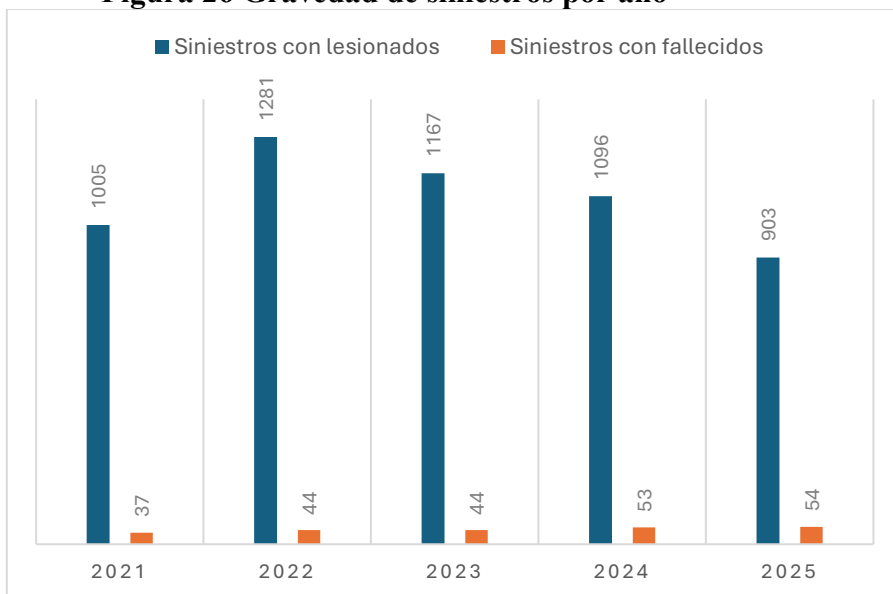
Al realizar el análisis por año de toma de datos de la gravedad de siniestros se encuentra que se presenta una disminución y por consiguiente una tendencia a la baja en cuanto a la proporción de siniestros con lesionados, pero en el mismo periodo de tiempo se registra un aumento en los siniestros de tipo gravedad con fallecidos aumentando de 37 fallecidos en el año 2021 a 54 en el año 2025.

Tabla 44 Gravedad de siniestros por año

Gravedad	2021	2022	2023	2024	2025
Con lesionados	1005	1281	1167	1096	903
Con fallecidos	37	44	44	53	54

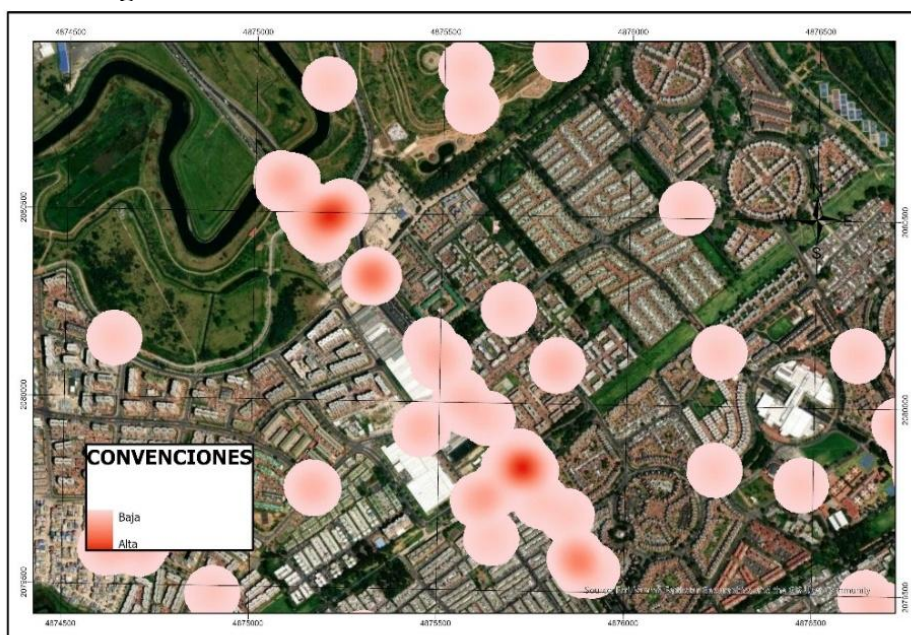
Nota: Elaborado por el autor a partir de datos recopilados en el Observatorio de Movilidad.

Figura 26 Gravedad de siniestros por año



Nota: Elaborado por el autor a partir de datos recopilados en el Observatorio de Movilidad. Con la información recopilada se procede a realizar un análisis espacial mediante el software ArcGIS Pro, de los siniestros viales que se encuentran cercanos a la zona de evaluación del presente proyecto. A continuación, se presenta la distribución de los siniestros viales registrados en la zona.

Figura 27 Concentración de siniestros viales en la zona de estudio



Nota: Elaborado por el autor a partir de datos recopilados en el Observatorio de Movilidad.

Se observa que la mayor concentración de siniestros se presenta en la intersección de la calle 80 con TV 120, de igual manera se presenta una cantidad considerable en la zona en la que se reduce el flujo vehicular y el sentido Oriente Occidente (salida de la ciudad) pasa de tener un flujo distribuido en 4 carriles a tener solo 2 carriles.

Figura 28 Concentración de siniestros viales intersección Calle 80-TV120



Nota: Elaborado por el autor a partir de datos recopilados en el Observatorio de Movilidad.

7.3 Diseño geométrico

A continuación, se desarrolla el diseño geométrico de las alternativas de mejora en la intersección de estudio, tomando como referencia el manual de diseño geométrico de vías INVIAS 2008. Capítulo 4 de la guía para el diseño de vías urbanas de Bogotá IDU 2014. El levantamiento topográfico ha sido suministrado por el IDECA que es la entidad encargada de la infraestructura de Datos Espaciales de la ciudad de Bogotá y el cual es coordinado por la entidad de Catastro de Bogotá.

Las curvas de nivel de la zona de estudio se descargaron del Geo portal del IGAC, se extraen a partir del formato geo TIFF, la resolución del sensor de captura de datos es de 12 metros,

esta resolución a una escala de 1:2000 suele tener presiones verticales de hasta 15 cm (Resolución 471 de 2020, IGAC).

A continuación, se observa el levantamiento topográfico de la zona de estudio y su respectivo Modelo Digital de Terreno, el MDT no contempla en su triangulación elementos como vegetación o edificios.

Figura 29 Levantamiento topográfico Intersección Calle 80-Trasnversal 120



Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad IDECA.

Figura 30 Modelo digital de terreno Intersección Calle 80-Transversal 120



Nota: Procesado a partir de datos Geo TIFF suministrados por el IGAC.

7.3.1 Diseño geométrico alternativa 1

Una vez identificada la malla vial de la zona de estudio, y con la cual se desarrolló el diseño geométrico de la alternativa 1 para intersección en estudio. El análisis comprendo los elementos geométricos en planta, el desarrollo de elementos verticales y ajustes de rasantes y su sección transversal, estos elementos mencionados son adaptados a los criterios de consistencia geométrica en cada uno de los ejes diseñados.

El respectivo diseño geométrico se desarrolló en base de los lineamientos indicados en el Manual de Diseño geométrico de carreteras (INVIAS, 2018), y en lo estipulado en los manuales técnicos establecidos por el Instituto de Desarrollo Urbano IDU. La glorieta diseñada esta evaluada en base a los criterios del Highway Capacity Manual.

La alternativa 1 consiste en una intersección a desnivel, compuesta con una glorieta convencional de distribución de tráfico que conecta principalmente con la transversal 120 y a la calle 80 mediante ramales de acceso y salida. El corredor principal de la calle 80 se desarrolla como un paso a desnivel compuesto de un terraplén y viaductos cortos en la zona de intersección con la glorieta.

El trazado de la alternativa 1 en la intersección contempla los siguientes componentes principales:

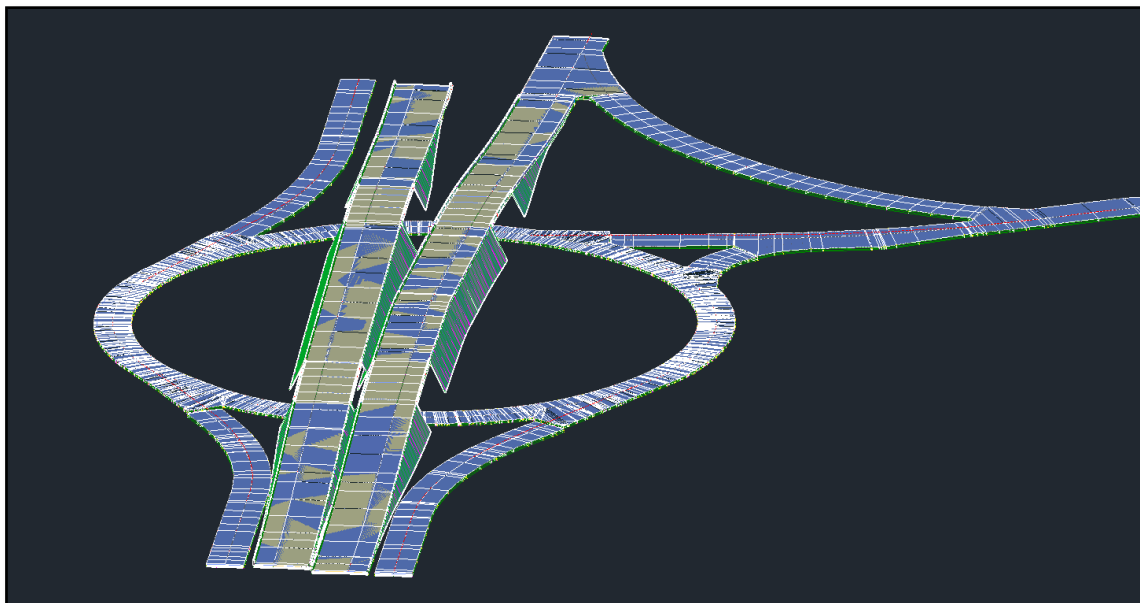
- Corredor principal calle 80: Calzada bidireccional con tres (3) carriles por sentido, su infraestructura alterna tramos en terraplén y viaductos, los cuales convergen directamente sobre el área de la glorieta.
- Glorieta a nivel: Anillo circular con una distribución de dos (2) carriles de circulación, los cuales gestionan los movimientos de acceso y salida a los ramales secundarios.
- Ramales de conexión: Tres (3) ramales de incorporación y divergencia con la calle 80 (2 ramales de acceso y 1 de salida) y 2 ramales de incorporación y divergencia con la transversal 120 conexión Lisboa.
- Bermas y carriles de incorporación conforme a las especificaciones técnicas IDU.
- Velocidad de diseño: Corredor principal calle 80 tiene una velocidad de diseño de 50 km/h, velocidad de diseño de los accesos 30 km/h, velocidad de diseño de la glorieta 30km/h.

Figura 31 Diseño geométrico alternativa 1



Nota: Alternativa 1 diseñada con ayuda de software Civil 3D.

Figura 32 Modelo 3D diseño geométrico alternativa 1



Nota: Alternativa 1 diseñada con ayuda de software Civil 3D.

En la tabla 38 se presentan los parámetros de diseño geométrico adoptados para la alternativa 1 y los valores mínimos de cumplimiento establecidos en la normatividad aplicable

Tabla 45 Parámetros de diseño geométrico Alternativa 1

Parámetro de Diseño	Valor Adoptado	Valor Mínimo (Manual)	Cumplimiento
Velocidad de Diseño Vía Principal (Calle 80)	50 km/h	50 km/h	Cumple
Velocidad de Diseño Ramales	30 km/h	30 km/h	Cumple
Velocidad de Diseño Glorieta	30 km/h	20 km/h	Cumple
Radio mínimo de curvatura Vía Principal	250 m	175 m	Cumple
Radio de glorieta (circulación interna)	65	≥ 25 m	Cumple
Ancho de carril vía principal	3.5 m	3.50 m	Cumple
Ancho de carril glorieta	3.65 m	3.65 m	Cumple
Pendiente longitudinal máxima - Vía Principal	2%	6.00%	Cumple
Pendiente longitudinal máxima - Ramales	1%	8.00%	Cumple
Número de carriles vía principal	3 por sentido	—	—
Número de carriles glorieta	2 por sentido	—	—

Nota: Análisis realizado por el autor a partir del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS, 2008); Manual IDU de Diseño Geométrico para Vías Urbanas (IDU, 2005).

En la tabla 39 se muestran los elementos geométricos correspondientes a la configuración de la glorieta convencional tales como el ángulo de deflexión, radio, longitudes de curva circular.

Tabla 46 Elementos de diseño geométrico-Glorieta convencional

Acceso	Ramal	No Curva	Angulo de Deflexión	Radio	Tangente	Cuerda Larga	Longitud	Abscisa	
								PC	PT
Acceso N-W	1	1	24°36'78"	113	46.233	47.697	150.56	K0+046	K0+094
Salida S-W	2	2	30°44'4"	113	32.53	59.891	142.86	K0+033	K0+093
Acceso S-E	3	3	33°32'41"	113	39.31	65.217	151.28	K0+039	K0+105
Salida N-E	4	4	87°39'08"	113	0	34.532	47.03	K0+009	K0+047
Salida TV120	5	5	71°18'19"	126	0	147.144	157.09	K0+000	K0+157

Nota: Análisis realizado por el autor de elementos de diseño geométrico contenidos en la glorieta convencional.

7.3.2 Diseño geométrico alternativa 2

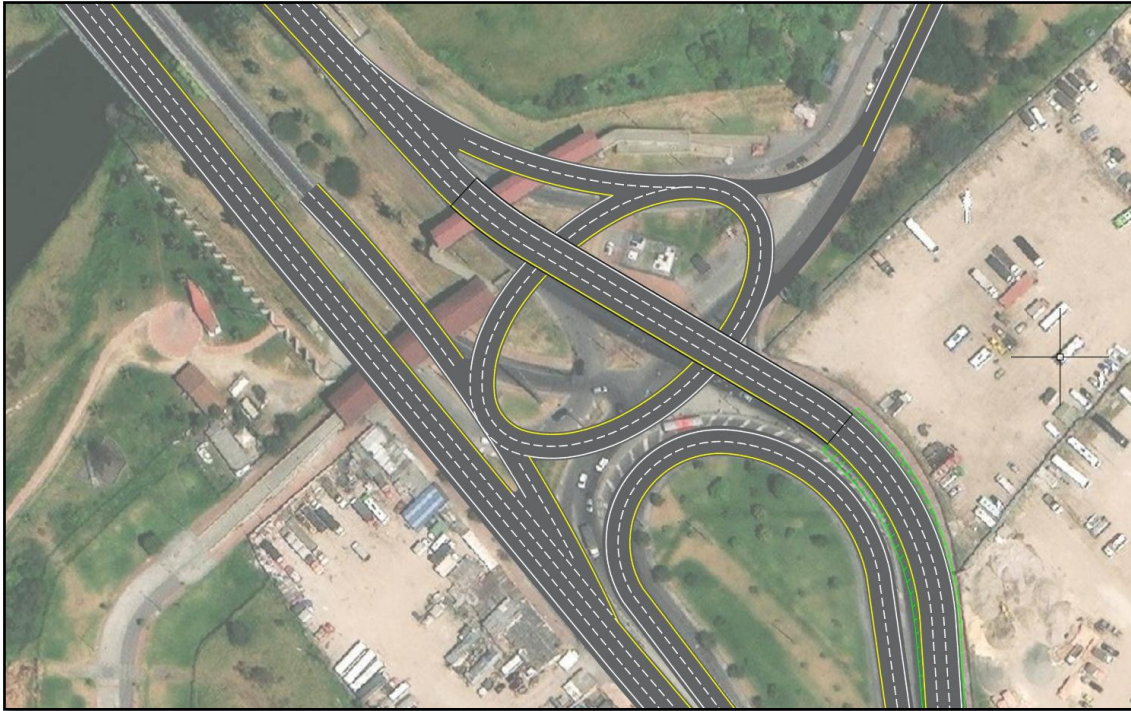
La alternativa 2 consiste en una intersección a desnivel, compuesta con una glorieta ovalada de distribución de tráfico que conecta principalmente con la transversal 120 y a la calle 80 mediante ramales de acceso y salida. El corredor principal de la calle 80 se desarrolla como un paso a desnivel compuesto de un terraplén y un viaducto a lo largo de la zona de intersección con la glorieta. La calzada interna presenta un retorno, esta calzada está proyectada para uso exclusivo del sistema masivo de transporte Transmilenio.

El trazado de la alternativa 2 en la intersección contempla los siguientes componentes principales:

- Corredor principal calle 80: Calzada bidireccional con tres (3) carriles por sentido, su infraestructura alterna tramos en terraplén y un viaducto, el cual convergen directamente sobre el área de la glorieta.
- Calzada interna Calle 80: Calzada exclusiva Transmilenio.
- Glorieta a nivel: Anillo ovalado con una distribución de dos (2) carriles de circulación, los cuales gestionan los movimientos de acceso y salida a los ramales secundarios.
- Ramales de conexión: Cuatro (4) ramales de incorporación y divergencia con la calle 80 (2 ramales 1 de acceso y 1 de salida) y 2 ramales de incorporación y divergencia con la transversal 120 conexión Lisboa.
- Bermas y carriles de incorporación conforme a las especificaciones técnicas IDU.

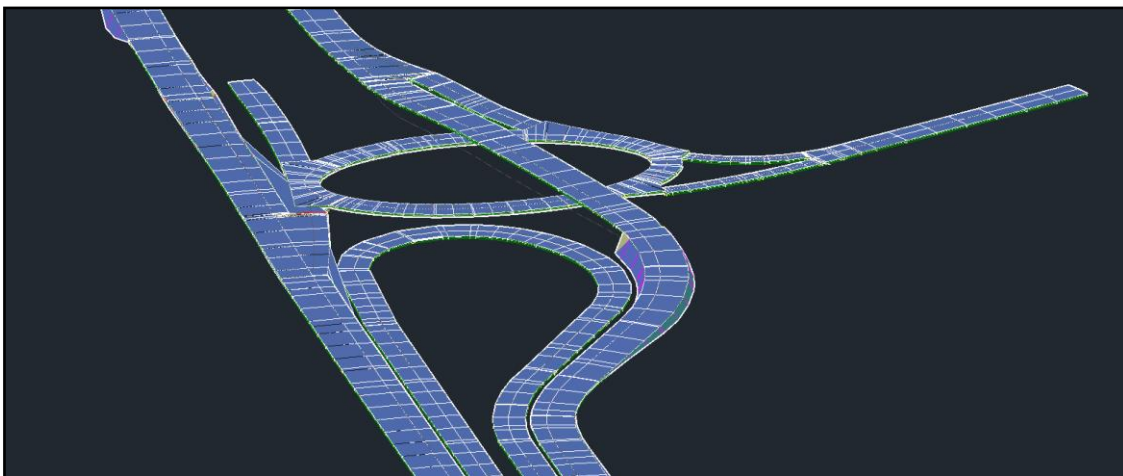
- Velocidad de diseño: Corredor principal calle 80 tiene una velocidad de diseño de 50 km/h, velocidad de diseño de los accesos 30 km/h, velocidad de diseño de la glorieta 30km/h.

Figura 33 Diseño geométrico Alternativa 2



Nota: Alternativa 2 diseñada con ayuda de software Civil 3D.

Figura 34 Modelo 3D Alternativa 2.



Nota: Alternativa 2 diseñada con ayuda de software Civil 3D.

La tabla 40 presentan los parámetros de diseño geométrico adoptados para la alternativa 1 y los valores mínimos de cumplimiento establecidos en la normatividad aplicable.

Tabla 47 Parámetros de diseño geométrico Alternativa 2

Parámetro de Diseño	Valor Adoptado	Valor Mínimo (Manual)	Cumplimiento
Velocidad de Diseño Vía Principal (Calle 80)	50 km/h	50 km/h	Cumple
Velocidad de Diseño Ramales	30 km/h	30 km/h	Cumple
Velocidad de Diseño Glorieta	30 km/h	20 km/h	Cumple
Radio mínimo de curvatura - Vía Principal	190 m	175 m	Cumple
Radio de glorieta (circulación interna)	27-49	≥ 25 m	Cumple
Ancho de carril vía principal	3.5 m	3.50 m	Cumple
Ancho de carril glorieta	3.65 m	3.65 m	Cumple
Pendiente longitudinal máxima - Vía Principal	2%	6.00%	Cumple
Pendiente longitudinal máxima - Ramales	1%	8.00%	Cumple
Número de carriles vía principal	3 por sentido	—	—
Número de carriles glorieta	2 por sentido	—	—

Nota: Análisis realizado por el autor a partir del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS, 2008); Manual IDU de Diseño Geométrico para Vías Urbanas (IDU, 2005).

En la tabla 41 se muestran los elementos geométricos correspondientes a la configuración de la glorieta convencional tales como el ángulo de deflexión, radio, longitudes de curva circular.

Tabla 48 Elementos de diseño geométrico-Glorieta convencional

Acceso	Ramal	No Curva	Angulo de Deflexión	Radio	Tangente	Cuerda Larga	Longitud	Abscisa	
								PC	PT
Acceso N-W	1	1	19°15'53"	464	0	155.374	156.11	K0+000	K0+156
Salida S-W	2	2							
Acceso S-E	3	3	26°27'54"	156	0	71.55	72.2	K0+000	K0+072
Acceso TV120	4	4	61°05'8"	139	20.08	40.598	62.67	K0+043	K0+063
Salida N-E CL80	5	5	49°10'6"	139	0	115.553	119.177	K0+000	K0+119

Nota: Análisis realizado por el autor de elementos de diseño geométrico contenidos en la glorieta convencional.

7.4 Evaluación de Tránsito Alternativas.

En la ingeniería de tránsito encontramos que el análisis operacional realizado a las intersecciones representa un resultado fundamental dado que permite evaluar de manera integral la capacidad, nivel de servicio y las condiciones de seguridad vial que inciden proporcionalmente al desempeño de la movilidad en la intersección.

En el presente capítulo se desarrolla el comportamiento procesado a partir de la información primaria, determinando las velocidades de operación en condiciones de flujo libre para cada alternativa diseñada y el cálculo de velocidades aplicado a los volúmenes vehiculares proyectados.

7.4.1 Volúmenes vehiculares proyectados para período de diseño

A partir del análisis comparativo de los métodos de regresión lineal, exponencial y logarítmica se adoptó la regresión lineal como modelo de proyección de tránsito, dado que este presentó el mejor acople respecto a la tendencia histórica de los aforos vehiculares evaluados.

Los volúmenes proyectados corresponden al segmento de, mayor flujo vehicular en un lapso de 15 minutos, este volumen se adopta para modelación en el software Vissim con licencia estudiantil, el cual permite modelar 600 seg, se toma como base el año 2005. La composición vehicular asumida se calcula a partir de los parámetros de proyección lineal sugeridos según el autor Cal&Mayor.

Tabla 49 Volúmenes vehiculares proyectados para el período de diseño.

Año / Horizonte	Livianos (veh/15min)	Buses (veh/15min)	Intermunicipales (veh/15min)	Camiones (veh/15min)	Motos (Veh/15min)	TOTAL (veh/15min)
2025	659	22	19	106	653	1459
2030 (10 años)	839	25	26	119	1104	2113
2040 (20 años)	1294	29	34	158	1859	3374
2050 (30 años)	1749	33	42	197	2614	4635

Nota: Procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.4.2 Evaluación de tránsito

La evaluación operacional de las alternativas 1 y 2 se realizaron mediante micro simulación de tráfico con el software Vissim 8versión estudiantil). Esta versión del software permite modelar el comportamiento individual de cada vehículo con una duración de 600 segundos,

permite reproducir con precisión la dinámica de aceleración, seguimiento vehicular y comportamiento de los vehículos en los puntos de conflicto de la glorieta.

7.4.2.1 Escenarios de simulación.

Se evaluaron los siguientes escenarios para cada alternativa, correspondiente a los horizontes de proyección adoptados:

- Escenario 0-Condición actual (año 2025). Situación base de referencia.
- Escenario 1 – Horizonte 5 años (año 2030). TP15min proyectado=1459 veh/15min Inicio etapa de operación.
- Escenario 2 – Horizonte 10 años (año 2040). TP15min proyectado=2113 veh/15min.
- Escenario 3 – Horizonte 20 años (año 2050). TP15min proyectado=3374 veh/15min.
- Escenario 4 – Horizonte 30 años (año 2060). TP15min proyectado=4635 veh/15min.

7.4.2.2 Parámetros de simulación.

Los parámetros de entrada al modelo de micro simulación incluyen:

- Volúmenes vehiculares por movimiento en los 15 minutos de mayor flujo (hora pico).
- Composición vehicular por tipo.
- Velocidades deseadas por tipo de vía y sentido.
- Distribuciones de tiempo de headway en los ramales de acceso de las glorietas.
- Comportamiento de ceda el paso en los accesos de la glorieta.

Cada corrida de simulación se ejecutó en un periodo de medición de 600 segundos (tiempo máximo en la licencia estudiantil del software) y periodos de calentamiento de 100 segundos, correspondiente a la franja de 15 minutos de mayor demanda (6:45-7:00 am). Se realizaron al menos 5 réplicas por escenario para garantizar la estabilidad estadística de los resultados.

7.4.2.3 Indicadores de desempeño evaluados.

Los indicadores extraídos de cada corrida en el software Vissim son:

- Velocidad media de recorrido en la red (km/h).
- Demora media por vehículos en la intersección (s/veh).
- Longitud máxima de cola por acceso (m).
- Nivel de servicio (LOS A-F).

7.4.2.4 Calibración de la Alternativa 1 modelada.

El proceso se genera a partir de la comparación entre los conteos vehiculares observados en campo y los resultados obtenidos en la modelación. Como insumo principal se tomó el volumen aforado, recolectado durante los 15 minutos de mayor flujo vehicular en horario am y pm en los principales puntos del corredor vial, seguido en el software Vissim se establecen como valores de referencia directa frente a los flujos esperados en cada modelo y en sus respectivos nodos de control. De esta forma se obtienen los volúmenes vehiculares característicos de las condiciones de mayor demanda, generando que la comparación se realice en el escenario más crítico de operación. El resultado del indicador estadístico se obtiene mediante la ecuación 4.

Ecuación 4 Indicador estadístico GEH.

$$GEH = \sqrt{\frac{(qobs - qsim)^2}{0.5(qobs + qsim)}}$$

Donde:

GEH: Indicador estadístico.

qobs: Flujo vehicular observado en el período considerado.

qsim: Flujo vehicular simulado

A continuación, se presentan los resultados y porcentajes de aceptación de modelación por composición vehicular.

Tabla 50 Resultados de calibración Mixtos alternativa 1.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
				GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	1459	1464	0.1	1	-	1	-
2	91 (Acc Norte)	826	836	0.3	1	-	1	-
3	4 (Acc Occidental)	275	235	2.5	1	1	-	-
TOTAL								
	TOTAL, OBSERVADO	TOTAL, MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3	ERROR PRECISIÓN
	2 560	2 535	0.5	100%	100%	100%	-	1%

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 51 Resultados de calibración Livianos alternativa 1.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
				GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	659	661	0.1	1	1	-	-
2	91 (Acc Norte)	180	182	0.2	1	1	-	-
3	4 (Acc Occidental)	110	94	1.6	1	1	-	-
TOTAL, OBSERVADO		TOTAL, MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3	ERROR PRECISIÓN
949		938	0.4	100%	100%	-	-	1%

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 52 Resultados de calibración Bus alternativa 1.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
				GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	22	22	0.0	1	1	-	-
2	91 (Acc Norte)	45	46	0.1	1	1	-	-
3	4 (Acc Occidental)	20	17	0.7	1	1	-	-
TOTAL, OBSERVADO		TOTAL, MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3	ERROR PRECISIÓN
88		85	0.2	100%	100%	-	-	3%

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 53 Resultados de calibración Intermunicipal alternativa 1.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
				GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	19	19	0.0	1	1	-	-
2	91 (Acc Norte)	27	27	0.1	1	1	-	-
3	4 (Acc Occidental)	0	0	-	-	1	-	-
TOTAL, OBSERVADO		TOTAL, MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3	ERROR PRECISIÓN
46		46	0.1	100%	100%	-	-	1%

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 54 Resultados de calibración Camión alternativa 1.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
				GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	106	106	0.0	1	1	-	-
2	91 (Acc Norte)	165	167	0.2	1	1	-	-
3	4 (Acc Occidental)	8	7	0.4	1	1	-	-
TOTAL, OBSERVADO		TOTAL, MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3	ERROR PRECISIÓN
280		281	0.1	100%	100%	-	-	0%

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 55 Resultados de calibración Moto alternativa 1.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
				GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	653	655	0.1	1	1	-	-
2	91 (Acc Norte)	408	413	0.2	1	1	-	-
3	4 (Acc Occidental)	136	117	1.8	1	1	-	-
TOTAL, OBSERVADO		TOTAL, MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3	ERROR PRECISIÓN
1 197		1 185	0.4	100%	100%	-	-	1%

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

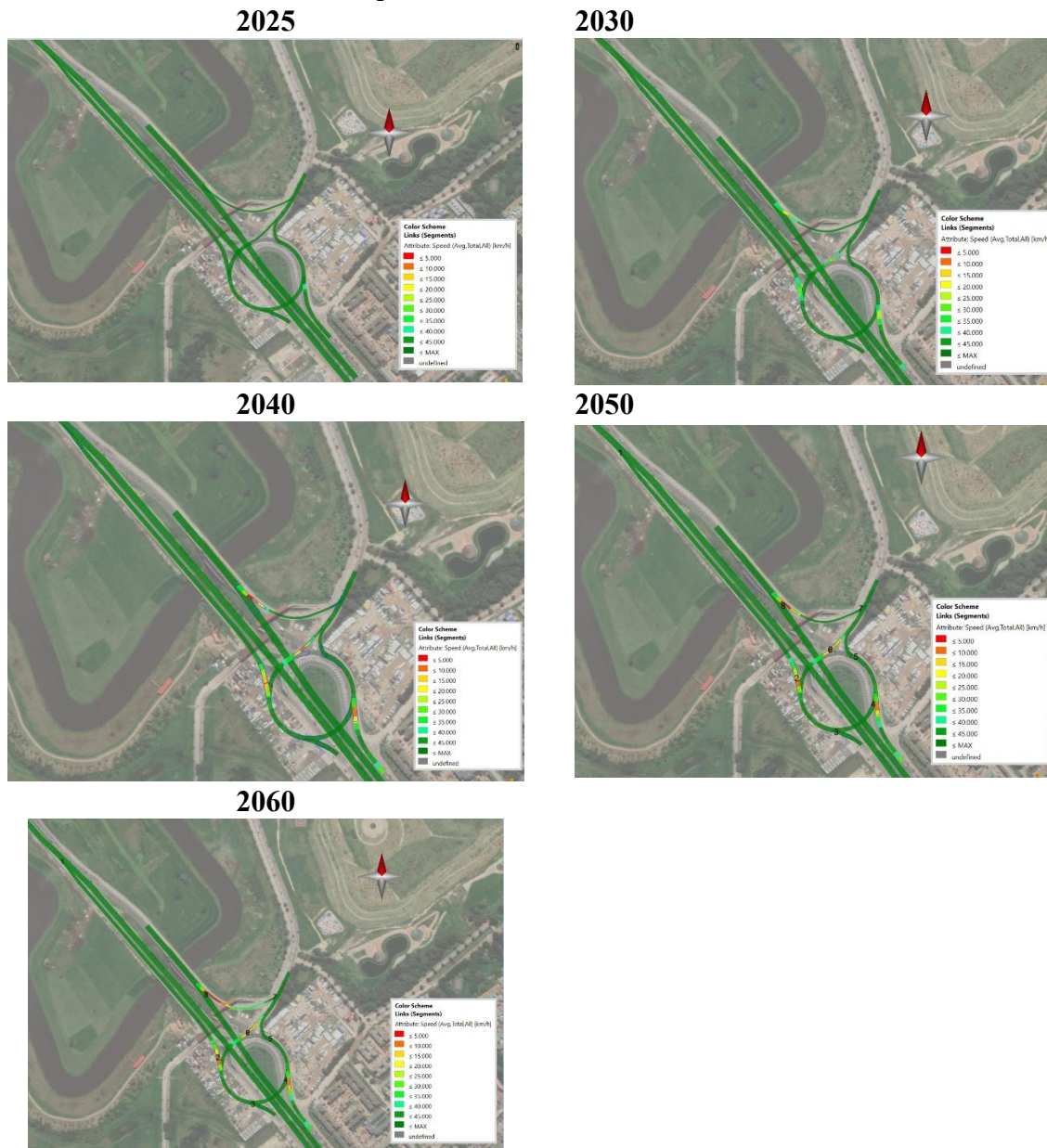
7.4.2.5 Resultados de evaluación Alternativa 1.

A continuación, se presentan los resultados de la micro simulación de la Alternativa 1 (intersección a desnivel con glorieta convencional), para cada horizonte de proyección.

7.4.2.5.1 Velocidad de Operación Alternativa 1.

Las velocidades de operación en condiciones de flujo libre para el corredor principal de la calle 80 y para los ramales de acceso y salida de la glorieta se determinaron a partir de los resultados de la micro simulación.

Tabla 56 Velocidades de operación Alternativa 1.



Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.4.2.5.2 Indicadores de desempeño por proyección de tiempo Alternativa 1.

Las tablas 44 a 45 consolida los indicadores de desempeños obtenidos en cada escenario de la simulación para la alternativa 1.

Tabla 57 Indicadores de desempeño Alternativa 1 2025.

<i>SIMRUN</i>	<i>NODO</i>	<i>INICIO</i>	<i>DESTINO</i>	<i>Demora promedio (Seg/Veh)</i>	<i>Demora de Parada (seg)</i>	<i>Longitud de Cola Prom (m)</i>	<i>Longitud de Cola Máx. (m)</i>	<i>Nivel de Servicio</i>
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	CALZADA CL80 W-0	0.004	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	RAMAL ACCESO GL N-W	0.022	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	PROM ACCESO	0.008	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	GLORIETA	0.274	0.008	0.000	0.000	A
AVG	2	GLORIETA	GLORIETA	0.006	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	PROM ACCESO	0.180	0.006	0.000	0.000	A
AVG	3	GLORIETA	GLORIETA	0.007	0.000	0.000	0.000	A
AVG	3	GLORIETA	RAMAL SALIDA S-W	0.013	0.000	0.000	0.000	A
AVG	3	GLORIETA	PROM ACCESO	0.010	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	GLORIETA	0.491	0.022	0.012	4.471	A
AVG	4	GLORIETA	RAMAL ACCESO S-E	0.002	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	PROM ACCESO	0.227	0.011	0.006	4.471	A
AVG	5	GLORIETA	GLORIETA			0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	RAMAL SALIDA TV120	0.009	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	PROM ACCESO	0.009	0.000	0.000	0.000	A
AVG	6	GLORIETA	GLORIETA			0.000	0.000	A
AVG	6	GLORIETA	RAMAL ACCESO DE TV120	0.051	0.000	0.000	0.000	A
AVG	6	GLORIETA	PROM ACCESO	0.051	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	TV120	GLORIETA	0.004	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	TV120	ACCESO CL 80	0.003	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	TV120	PROM ACCESO	0.004	0.000	0.000	0.000	A
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	CALZADA CL80 0-W	0.024	0.000	0.000	0.000	A
AVG	8	ACCESO TV120	CALZADA CL80 0-W	0.578	0.000	0.000	0.844	A
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	PROM ACCESO	0.071	0.000	0.000	0.844	A

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 58 Indicadores de desempeño Alternativa 1 horizonte 5 años (entrada en operación).

<i>SIMRUN</i>	<i>NODO</i>	<i>INICIO</i>	<i>DESTINO</i>	<i>Demora promedio (Seg/Veh)</i>	<i>Demora de Parada (seg)</i>	<i>Longitud de Cola Prom (m)</i>	<i>Longitud de Cola Máx. (m)</i>	<i>Nivel de Servicio</i>
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	CALZADA CL80 W-0	0.004	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	RAMAL ACCESO GL N-W	0.021	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	PROM ACCESO	0.008	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	GLORIETA	4.981	0.117	0.798	9.151	A
AVG	2	GLORIETA	GLORIETA	0.042	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	PROM ACCESO	3.159	0.075	0.399	9.151	A
AVG	3	GLORIETA	GLORIETA	0.034	0.000	0.000	0.342	A
AVG	3	GLORIETA	RAMAL SALIDA S-W	0.007	0.000	0.000	0.342	A
AVG	3	GLORIETA	PROM ACCESO	0.025	0.000	0.000	0.342	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	GLORIETA	4.855	0.167	1.017	11.358	A
AVG	4	GLORIETA	RAMAL ACCESO S-E	0.011	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	PROM ACCESO	2.965	0.103	0.509	11.358	A
AVG	5	GLORIETA	GLORIETA	0.000	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	RAMAL SALIDA TV120	0.013	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	PROM ACCESO	0.013	0.000	0.000	0.000	A
AVG	6	GLORIETA	GLORIETA	0.000	0.000	0.000	0.000	A
AVG	6	GLORIETA	RAMAL ACCESO DE TV120	4.449	0.097	0.433	7.857	A
AVG	6	GLORIETA	PROM ACCESO	4.449	0.097	0.217	7.857	A
AVG	7	TV120	GLORIETA	0.010	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	TV120	ACCESO CL 80	0.005	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	TV120	PROM ACCESO	0.007	0.000	0.000	0.000	A
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	CALZADA CL80 0-W	0.056	0.000	0.000	0.000	A
AVG	8	ACCESO TV120	CALZADA CL80 0-W	6.462	0.447	0.499	9.687	A
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	PROM ACCESO	0.528	0.032	0.249	9.687	A

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 59 Indicadores de desempeño Alternativa 1 Horizonte 10 años.

<i>SIMRUN</i>	<i>NODO</i>	<i>INICIO</i>	<i>DESTINO</i>	<i>Demora promedio (Seg/Veh)</i>	<i>Demora de Parada (seg)</i>	<i>Longitud de Cola Prom (m)</i>	<i>Longitud de Cola Máx. (m)</i>	<i>Nivel de Servicio</i>
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	CALZADA CL80 W-O	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	RAMAL ACCESO GL N-W	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	PROM ACCESO	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	GLORIETA	10	0.323	1.963	20.745	B
AVG	2	GLORIETA	GLORIETA	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	PROM ACCESO	6	0.194	0.982	20.745	A
AVG	3	GLORIETA	GLORIETA	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	3	GLORIETA	RAMAL SALIDA S-W	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	3	GLORIETA	PROM ACCESO	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	GLORIETA	9	0.336	2.446	17.961	A
AVG	4	GLORIETA	RAMAL ACCESO S-E	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	PROM ACCESO	6	0.211	1.223	17.961	A
AVG	5	GLORIETA	GLORIETA	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	RAMAL SALIDA TV120	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	PROM ACCESO	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	6	GLORIETA	GLORIETA	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	6	GLORIETA	RAMAL ACCESO DE TV120	9	0.247	1.395	18.108	A
AVG	6	GLORIETA	PROM ACCESO	9	0.247	0.697	18.108	A
AVG	7	TV120	GLORIETA	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	TV120	ACCESO CL 80	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	TV120	PROM ACCESO	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	CALZADA CL80 0-W	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	8	ACCESO TV120	CALZADA CL80 0-W	16	2.397	2.668	24.534	C
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	PROM ACCESO	1	0.144	1.334	24.534	A

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 60 Indicadores de desempeño Alternativa 1 Horizonte 20 años.

<i>SIMRUN</i>	<i>NODO</i>	<i>INICIO</i>	<i>DESTINO</i>	<i>Demora promedio (Seg/Veh)</i>	<i>Demora de Parada (seg)</i>	<i>Longitud de Cola Prom (m)</i>	<i>Longitud de Cola Máx. (m)</i>	<i>Nivel de Servicio</i>
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	CALZADA CL80 W-O	0.004	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	RAMAL ACCESO GL N-W	0.019	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	PROM ACCESO	0.007	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	GLORIETA	13.175	2.602	3.619	26.775	B
AVG	2	GLORIETA	GLORIETA	0.109	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	PROM ACCESO	5.953	1.073	1.809	26.775	A
AVG	3	GLORIETA	GLORIETA	0.072	0.000	0.000	0.000	A
AVG	3	GLORIETA	RAMAL SALIDA S-W	0.004	0.000	0.000	0.000	A
AVG	3	GLORIETA	PROM ACCESO	0.035	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	GLORIETA	9.421	0.316	3.450	19.966	A
AVG	4	GLORIETA	RAMAL ACCESO S-E	0.042	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	PROM ACCESO	6.318	0.211	1.725	19.966	A
AVG	5	GLORIETA	GLORIETA	0.000	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	RAMAL SALIDA TV120	0.022	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	PROM ACCESO	0.022	0.000	0.000	0.000	A
AVG	6	GLORIETA	GLORIETA	0.000	0.000	0.000	0.000	A
AVG	6	GLORIETA	RAMAL ACCESO DE TV120	12.467	0.411	4.719	36.557	B
AVG	6	GLORIETA	PROM ACCESO	12.467	0.411	2.360	36.557	B
AVG	7	TV120	GLORIETA	0.041	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	TV120	ACCESO CL 80	0.017	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	TV120	PROM ACCESO	0.032	0.000	0.000	0.000	A
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	CALZADA CL80 0-W	0.186	0.000	0.000	0.000	A
AVG	8	ACCESO TV120	CALZADA CL80 0-W	26.486	10.079	5.214	29.613	D
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	PROM ACCESO	1.073	0.337	2.607	29.613	A

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

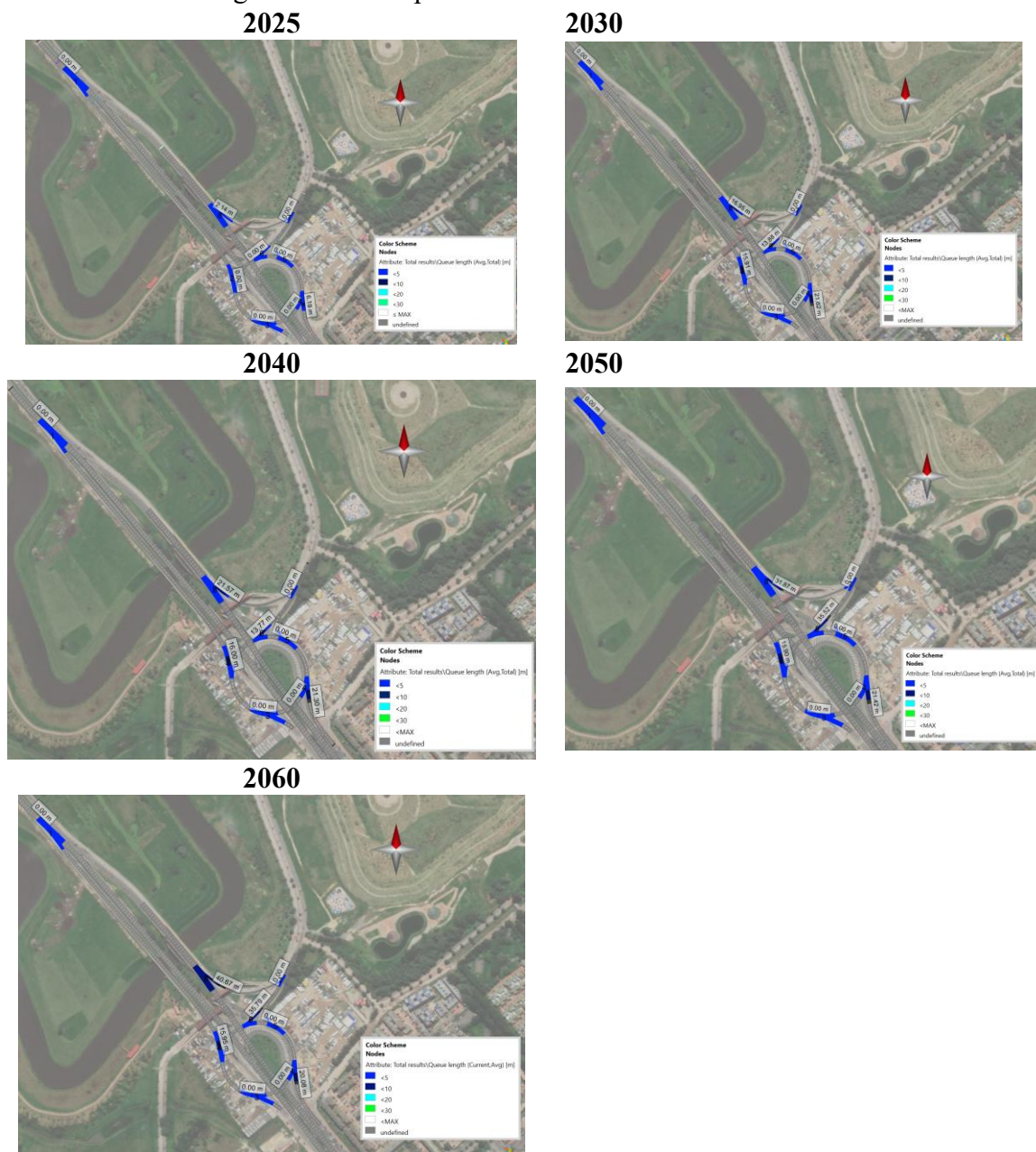
Tabla 61 Indicadores de desempeño Alternativa 1 Horizonte 30 años.

<i>SIMRUN</i>	<i>NODO</i>	<i>INICIO</i>	<i>DESTINO</i>	<i>Demora promedio (Seg/Veh)</i>	<i>Demora de Parada (seg)</i>	<i>Longitud de Cola Prom (m)</i>	<i>Longitud de Cola Máx. (m)</i>	<i>Nivel de Servicio</i>
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	CALZADA CL80 W-O	0	0	0	0	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	RAMAL ACCESO GL N-W	0	0	0	0	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	PROM ACCESO	0	0	0	0	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	GLORIETA	16	4	6	30	C
AVG	2	GLORIETA	GLORIETA	0	0	0	0	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	PROM ACCESO	7	1	3	30	A
AVG	3	GLORIETA	GLORIETA	0	0	0	0	A
AVG	3	GLORIETA	RAMAL SALIDA S-W	0	0	0	0	A
AVG	3	GLORIETA	PROM ACCESO	0	0	0	0	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	GLORIETA	11	1	5	25	B
AVG	4	GLORIETA	RAMAL ACCESO S-E	0	0	0	0	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	PROM ACCESO	8	0	3	25	A
AVG	5	GLORIETA	GLORIETA	0	0	0	0	A
AVG	5	GLORIETA	RAMAL SALIDA TV120	0	0	0	0	A
AVG	5	GLORIETA	PROM ACCESO	0	0	0	0	A
AVG	6	GLORIETA	GLORIETA	0	0	0	0	A
AVG	6	GLORIETA	RAMAL ACCESO DE TV120	14	0	7	44	B
AVG	6	GLORIETA	PROM ACCESO	14	0	3	44	B
AVG	7	TV120	GLORIETA	0	0	0	0	A
AVG	7	TV120	ACCESO CL 80	0	0	0	0	A
AVG	7	TV120	PROM ACCESO	0	0	0	0	A
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	CALZADA CL80 0-W	0	0	0	0	A
AVG	8	ACCESO TV120	CALZADA CL80 0-W	97	70	31	84	F
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	PROM ACCESO	2	1	16	84	A

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.4.2.5.3 Longitudes de cola por Acceso Alternativa 1.

Tabla 62 Longitudes de cola por acceso Alternativa 1.

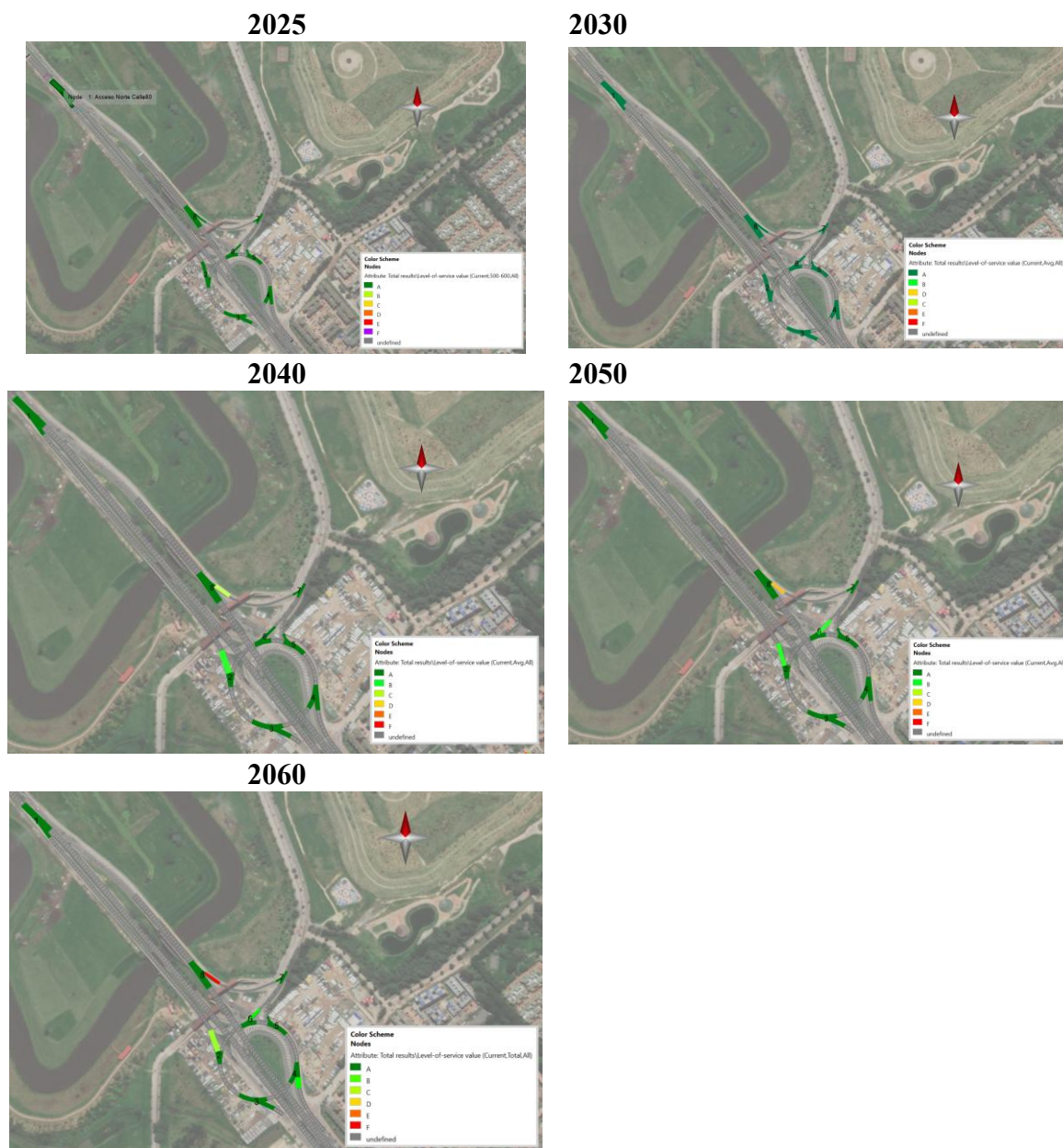


Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.4.2.5.4 Análisis del Nivel de Servicio Alternativa 1.

Con base en los indicadores de demora media obtenidos del modelo de micro simulación, se determinó el nivel de servicio (LOS) para cada horizonte de evaluación según los umbrales establecidos en el HCM para intersecciones giratorias.

Tabla 63 Resultados Nivel de servicio Alternativa 1.



Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.4.2.1 Calibración de la Alternativa 2 modelada.

El proceso de calibración del modelo de la alternativa 2 se realizó conforme a lo descrito en el capítulo 7.3.2.4. y sus resultados se presentan a continuación.

Tabla 64 Resultados de calibración Mixtos alternativa 2.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
				GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	1459	1439	0.5	1	-	1	-
2	91 (Acc Norte)	826	784	1.5	1	-	1	-
3	4 (Acc Occidental)	275	299	1.4	1	1	-	-
TOTAL OBSERVADO		TOTAL MODELADO		GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3
2 560		2 522		0.8	100%	100%	100%	-
								ERROR PRECISIÓN
								1%

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 65 Resultados de calibración Livianos alternativa 2.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
				GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	659	650	0.4	1	1	-	-
2	91 (Acc Norte)	180	171	0.7	1	1	-	-
3	4 (Acc Occidental)	110	120	0.9	1	1	-	-
TOTAL OBSERVADO		TOTAL MODELADO		GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3
949		940		0.3	100%	100%	-	-
								ERROR PRECISIÓN
								1%

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 66 Resultados de calibración Bus alternativa 2.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
				GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	22	22	0.1	1	1	-	-
2	91 (Acc Norte)	45	43	0.3	1	1	-	-
3	4 (Acc Occidental)	20	22	0.4	1	1	-	-
TOTAL OBSERVADO		TOTAL MODELADO		GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3
88		87		0.1	100%	100%	-	-
								ERROR PRECISIÓN
								1%

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 67 Resultados de calibración Intermunicipal alternativa 2.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO		FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
					GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	19		19	0.1	1	1	-	-
2	91 (Acc Norte)	27		26	0.3	1	1	-	-
3	4 (Acc Occidental)	0		0	-	-	1	-	-
TOTAL OBSERVADO	TOTAL MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3	ERROR PRECISIÓN		
46	44	0.2	100%	100%	-	-	4%		

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 68 Resultados de calibración Camión alternativa 2.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO		FLUJO VEHICULAR MODELADO		CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
						GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	106		105		0.1	1	1	-	-
2	91 (Acc Norte)	165		157		0.7	1	1	-	-
3	4 (Acc Occidental)	8		9		0.2	1	1	-	-
TOTAL OBSERVADO		TOTAL MODELADO		GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3	ERROR PRECISIÓN	
280		271		0.6	100%	100%	-	-	3%	

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 69 Resultados de calibración Moto alternativa 2.

No.	PUNTO - ARCO	FLUJO VEHICULAR OBSERVADO	FLUJO VEHICULAR MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
				GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	2 (Acc Norte)	653	644	0.4	1	1	-	-
2	91 (Acc Norte)	408	387	1.0	1	1	-	-
3	4 (Acc Occidental)	136	148	1.0	1	1	-	-
TOTAL OBSERVADO	TOTAL MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3	ERROR PRECISIÓN	
1 197	1 180	0.5	100%	100%	-	-	1%	

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

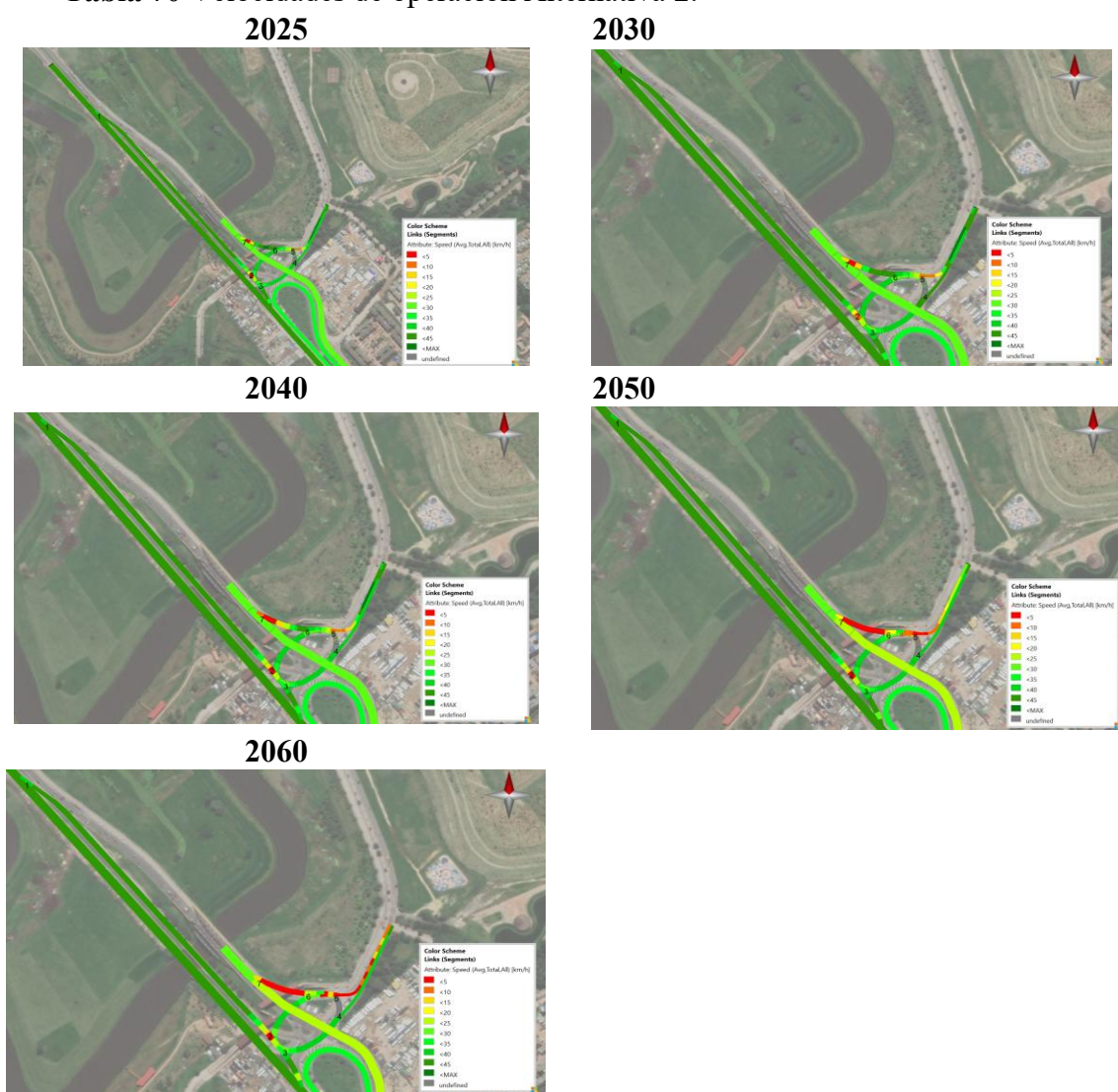
7.4.2.2 Resultados de evaluación Alternativa 2.

A continuación, se presentan los resultados de la micro simulación de la Alternativa 2 (intersección a desnivel con glorieta ovalada), para cada horizonte de proyección.

7.4.2.2.5 Velocidad de Operación Alternativa 2.

Las velocidades de operación en condiciones de flujo libre para el corredor principal de la calle 80 y para los ramales de acceso y salida de la glorieta se determinaron a partir de los resultados de la micro simulación.

Tabla 70 Velocidades de operación Alternativa 2.



Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.4.2.2.6 Indicadores de desempeño por proyección de tiempo Alternativa 2.

Las tablas 50 a 55 consolida los indicadores de desempeños obtenidos en cada escenario de la simulación para la alternativa 2.

Tabla 71 Indicadores de desempeño Alternativa 2 2025.

<i>SIMRUN</i>	<i>NODO</i>	<i>INICIO</i>	<i>DESTINO</i>	<i>Demora promedio (Seg/Veh)</i>	<i>Demora de Parada (seg)</i>	<i>Longitud de Cola Prom (m)</i>	<i>Longitud de Cola Máx. (m)</i>	<i>Nivel de Servicio</i>
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	CALZADA CL80 W-0	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	RAMAL ACCESO GL N-W	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	PROM ACCESO	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	GLORIETA	1	0.009	0.000	0.000	A
AVG	2	GLORIETA	GLORIETA	9	0.571	0.355	11.892	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	PROM ACCESO	5	0.327	0.178	11.892	A
AVG	3	GLORIETA	GLORIETA	0	0.000	4.783	28.411	A
AVG	3	GLORIETA	RAMAL SALIDA S-W	0	0.000	4.964	29.230	A
AVG	3	GLORIETA	PROM ACCESO	0	0.000	4.874	29.230	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	GLORIETA			0.000	0.000	A
AVG	4	GLORIETA	RAMAL ACCESO S-E	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	PROM ACCESO	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	TV120	GLORIETA			0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	GLORIETA	10	0.326	2.743	21.616	B
AVG	5	TV120	PROM ACCESO	10	0.326	1.372	21.616	B
AVG	6	GLORIETA	ACCESO CL 80	1	0.000	0.677	30.303	A
AVG	6	GLORIETA	GLORIETA	1	0.000	0.571	30.335	A
AVG	6	GLORIETA	PROM ACCESO	1	0.000	0.624	30.337	A
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	CALZADA CL80 0-W	0	0.001	0.000	0.000	A
AVG	8	ACCESO TV120	CALZADA CL80 0-W	9	0.726	0.561	3.219	A
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	PROM ACCESO	0	0.028	0.280	3.219	A

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 72 Indicadores de desempeño Alternativa 2 horizonte 5 años (entrada en operación).

<i>SIMRUN</i>	<i>NODO</i>	<i>INICIO</i>	<i>DESTINO</i>	<i>Demora promedio (Seg/Veh)</i>	<i>Demora de Parada (seg)</i>	<i>Longitud de Cola Prom (m)</i>	<i>Longitud de Cola Máx. (m)</i>	<i>Nivel de Servicio</i>
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	CALZADA CL80 W-0	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	RAMAL ACCESO GL N-W	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	PROM ACCESO	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	GLORIETA	1	0.016	0.000	0.000	A
AVG	2	GLORIETA	GLORIETA	8	0.485	0.325	12.731	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	PROM ACCESO	5	0.290	0.163	12.731	A
AVG	3	GLORIETA	GLORIETA	0	0.000	5.164	28.882	A
AVG	3	GLORIETA	RAMAL SALIDA S-W	0	0.000	5.363	29.694	A
AVG	3	GLORIETA	PROM ACCESO	0	0.000	5.264	29.694	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	GLORIETA			0.000	0.000	A
AVG	4	GLORIETA	RAMAL ACCESO S-E	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	PROM ACCESO	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	TV120	GLORIETA			0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	GLORIETA	10	0.306	3.323	23.623	B
AVG	5	TV120	PROM ACCESO	10	0.306	1.661	23.623	B
AVG	6	GLORIETA	ACCESO CL 80	1	0.000	0.790	31.652	A
AVG	6	GLORIETA	GLORIETA	1	0.000	0.662	31.683	A
AVG	6	GLORIETA	PROM ACCESO	1	0.000	0.726	31.697	A
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	CALZADA CL80 0-W	0	0.005	0.007	1.133	A
AVG	8	ACCESO TV120	CALZADA CL80 0-W	15	3.848	0.916	6.040	B
AVG	8	CALZADA CL80 0-W	PROM ACCESO	1	0.142	0.462	6.040	A

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 73 Indicadores de desempeño Alternativa 2 Horizonte 10 años.

<i>SIMRUN</i>	<i>NODO</i>	<i>INICIO</i>	<i>DESTINO</i>	<i>Demora promedio (Seg/Veh)</i>	<i>Demora de Parada (seg)</i>	<i>Longitud de Cola Prom (m)</i>	<i>Longitud de Cola Máx. (m)</i>	<i>Nivel de Servicio</i>
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	CALZADA CL80 W-0	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	RAMAL ACCESO GL N-W	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	PROM ACCESO	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	GLORIETA	1	0.027	0.959	17.439	A
AVG	2	GLORIETA	GLORIETA	11	1.207	0.479	17.439	B
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	PROM ACCESO	6	0.685	6.477	27.852	A
AVG	3	GLORIETA	GLORIETA	1	0.000	6.729	28.605	A
AVG	3	GLORIETA	RAMAL SALIDA S-W	0	0.000	6.603	28.605	A
AVG	3	GLORIETA	PROM ACCESO	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	GLORIETA			0.000	0.000	A
AVG	4	GLORIETA	RAMAL ACCESO S-E	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	PROM ACCESO	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	TV120	GLORIETA			7.629	34.424	A
AVG	5	GLORIETA	CLORIETA	14	0.439	3.814	34.424	B
AVG	5	TV120	PROM ACCESO	14	0.439	0.990	31.688	B
AVG	6	GLORIETA	ACCESO CL 80	1	0.000	0.826	31.697	A
AVG	6	GLORIETA	GLORIETA	1	0.000	0.908	31.702	A
AVG	6	GLORIETA	PROM ACCESO	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	CALZADA CL80 0-W	CALZADA CL80 0-W	1	0.001	8.892	23.831	A
AVG	7	ACCESO TV120	CALZADA CL80 0-W	55	35.676	4.446	23.831	E
AVG	7	CALZADA CL80 0-W	PROM ACCESO	2	1.140	0.462	6.040	A

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

Tabla 74 Indicadores de desempeño Alternativa 2 Horizonte 20 años.

<i>SIMRUN</i>	<i>NODO</i>	<i>INICIO</i>	<i>DESTINO</i>	<i>Demora promedio (Seg/Veh)</i>	<i>Demora de Parada (seg)</i>	<i>Longitud de Cola Prom (m)</i>	<i>Longitud de Cola Máx. (m)</i>	<i>Nivel de Servicio</i>
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	CALZADA CL80 W-0	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	RAMAL ACCESO GL N-W	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	PROM ACCESO	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	GLORIETA	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	GLORIETA	GLORIETA	11	1.337	1.213	17.603	B
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	PROM ACCESO	7	0.827	0.606	17.603	A
AVG	3	GLORIETA	GLORIETA	1	0.000	6.544	28.767	A
AVG	3	GLORIETA	RAMAL SALIDA S-W	0	0.000	6.782	29.591	A
AVG	3	GLORIETA	PROM ACCESO	0	0.000	6.663	29.591	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	GLORIETA			0.000	0.000	A
AVG	4	GLORIETA	RAMAL ACCESO S-E	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	PROM ACCESO	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	TV120	GLORIETA			0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	CLORIETA	26	0.982	36.209	103.887	D
AVG	5	TV120	PROM ACCESO	26	0.982	18.105	103.887	D
AVG	6	GLORIETA	ACCESO CL 80	1	0.000	6.354	31.695	A
AVG	6	GLORIETA	GLORIETA	1	0.000	6.247	31.681	A
AVG	6	GLORIETA	PROM ACCESO	1	0.000	6.300	31.705	A
AVG	7	CALZADA CL80 0-W	CALZADA CL80 0-W	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	ACCESO TV120	CALZADA CL80 0-W	44	34.999	31.463	70.746	E
AVG	7	CALZADA CL80 0-W	PROM ACCESO	2	0.340	15.732	70.746	A

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

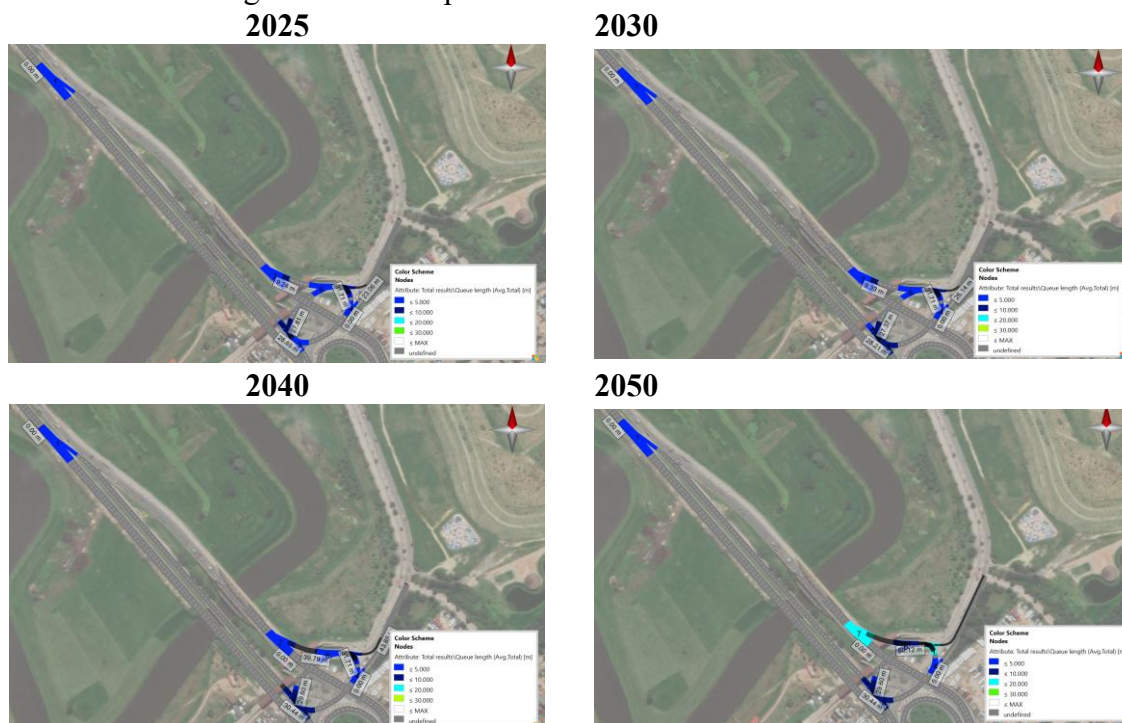
Tabla 75 Indicadores de desempeño Alternativa 2 Horizonte 30 años.

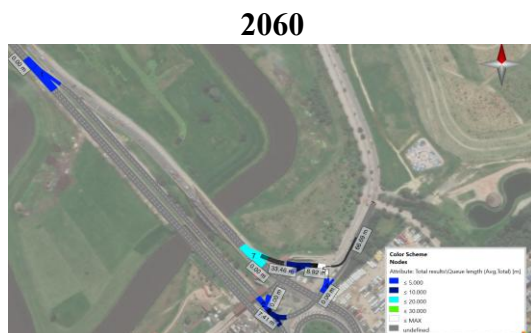
<i>SIMRUN</i>	<i>NODO</i>	<i>INICIO</i>	<i>DESTINO</i>	<i>Demora promedio (Seg/Veh)</i>	<i>Demora de Parada (seg)</i>	<i>Longitud de Cola Prom (m)</i>	<i>Longitud de Cola Máx. (m)</i>	<i>Nivel de Servicio</i>
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	CALZADA CL80 W-0	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	RAMAL ACCESO GL N-W	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	1	CALZADA CL80 W-0	PROM ACCESO	0	0.000	0.000	0.000	A
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	GLORIETA	1	0.067	0.000	0.000	A
AVG	2	GLORIETA	GLORIETA	10	1.123	1.163	20.276	B
AVG	2	RAMAL ACCESO GL N-W	PROM ACCESO	7	0.754	0.581	20.276	A
AVG	3	GLORIETA	GLORIETA	0	0.000	7.148	28.556	A
AVG	3	GLORIETA	RAMAL SALIDA S-W	0	0.000	7.412	29.397	A
AVG	3	GLORIETA	PROM ACCESO	0	0.000	7.280	29.397	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	GLORIETA			0.000	0.000	A
AVG	4	GLORIETA	RAMAL ACCESO S-E	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	4	RAMAL ACCESO S-E	PROM ACCESO	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	5	TV120	GLORIETA			0.000	0.000	A
AVG	5	GLORIETA	CLORIETA	58	1.485	66.689	130.123	F
AVG	5	TV120	PROM ACCESO	58	1.485	33.345	130.123	F
AVG	6	GLORIETA	ACCESO CL 80	1	0.000	8.923	31.769	A
AVG	6	GLORIETA	GLORIETA	1	0.000	8.844	31.781	A
AVG	6	GLORIETA	PROM ACCESO	1	0.000	8.884	31.802	A
AVG	7	CALZADA CL80 0-W	CALZADA CL80 0-W	1	0.000	0.000	0.000	A
AVG	7	ACCESO TV120	CALZADA CL80 0-W	55	0.159	33.457	61.041	F
AVG	7	CALZADA CL80 0-W	PROM ACCESO	1	0.001	16.728	61.041	A

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.4.2.2.7 Longitudes de cola por Acceso Alternativa 2.

Tabla 76 Longitudes de cola por acceso Alternativa 2.



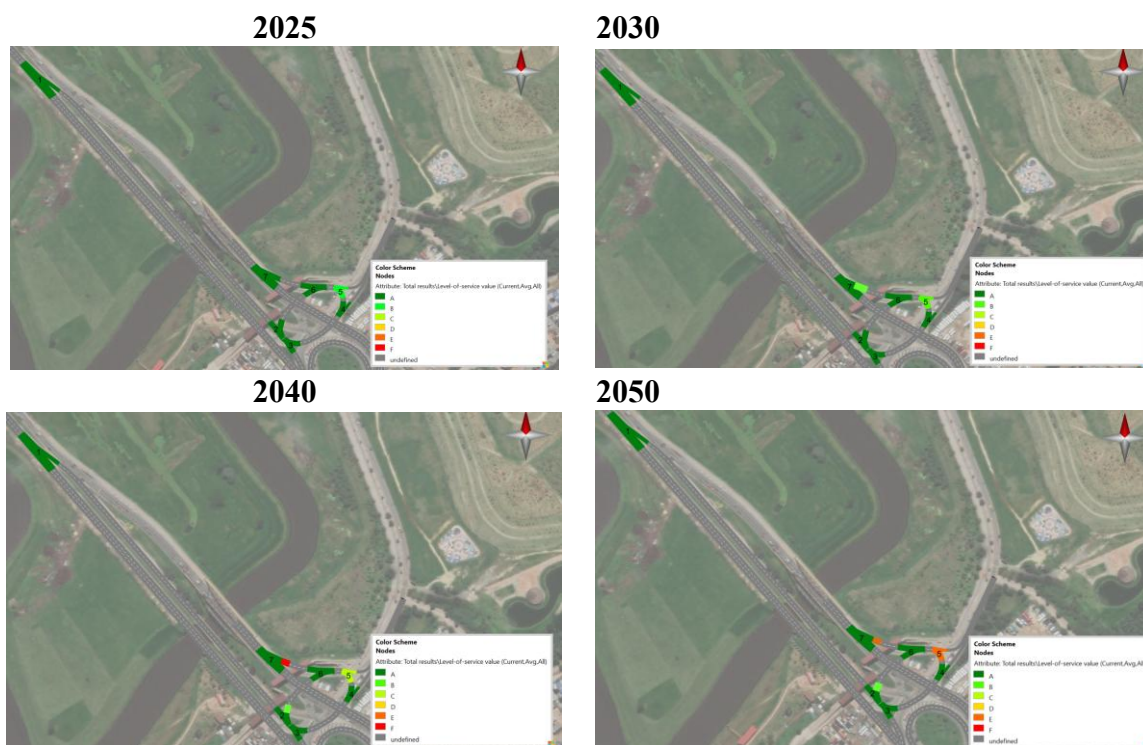


Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

7.4.2.2.8 Análisis del Nivel de Servicio Alternativa 2.

Con base en los indicadores de demora media obtenidos del modelo de micro simulación, se determinó el nivel de servicio (LOS) para cada horizonte de evaluación según los umbrales establecidos en el HCM para intersecciones giratorias.

Tabla 77 Resultados Nivel de servicio Alternativa 2.





Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

8 Resultados y Discusión

El actual capítulo presenta el análisis de los resultados obtenidos en los capítulos anteriores como caracterización del tránsito en la condición actual, el diseño geométrico de las dos (2) alternativas propuestas y su respectiva evaluación operacional mediante micro simulación en el software Vissim para cada uno de los horizontes de proyección vehicular establecidos. El presente análisis pretende aclarar y fundamentar la selección de la alternativa óptima como plan de mejora de operación de la intersección Av. Calle 80- Conexión Lisboa.

8.1 Análisis de condición actual de tránsito.

A continuación, se presentan las condiciones encontradas a partir del estudio:

8.1.1 Caracterización del volumen vehicular.

Los aforos vehiculares recolectados de las estaciones 9508, 14672 y 9657 con fechas de toma los días 16, 17 y 19 de abril del año 2025 permiten establecer el diagnóstico operacional de la intersección en estudio. El tránsito promedio diario semanal TPDS en el acceso Occidente-Oriente correspondiente al movimiento 3 (Acceso a la ciudad de Bogotá) es de 54863 vehículos/día, valor correspondiente a la suma de las categorías aforadas, de las cuales los vehículos livianos (19345 Veh/día equivalente al 35,3%) y motocicletas con una cantidad de (19000 Veh/día correspondiente a 34,6) siendo estos dos actores los componentes predominantes. En el procesamiento de los aforos se encuentra una cantidad elevada de

camiones aforados ya que los 7255 veh/día equivalentes al 13,2% inciden de forma determinante en la capacidad efectiva de la intersección en estudio.

El acceso Oriente-Occidente (movimiento 4 salida a Siberia) corresponde a TPDS cuyo valor asciende a 47881 veh/día, con una cantidad predominante de vehículos livianos de 24597 veh/día correspondiente al 51,4%. Esta asimetría en la composición vehicular entre los movimientos aforados corresponde a la dinámica de desplazamientos laborales de la sabana de Bogotá.

8.1.2 Periodo de Máxima Demanda

La calzada Oriente-Occidente (movimiento 4 salida a Siberia) en un día típico presenta un VHMD el cual se concentra entre las 06:30am y las 7:30am con un total de 1486 vehículos mixtos, equivalente a un factor de hora pico HFP de 0,81. Este valor se refleja en un flujo concentrado en el intervalo de 15 minutos de mayor intensidad comprendido entre las 06:30am y las 06:45am, generando condiciones de sobresaturación puntual en este período de tiempo.

La calzada Occidente-Oriente (movimiento 3 ingreso a la ciudad de Bogotá) en un día típico presenta un volumen horario de máxima demanda VHMD el cual se presenta entre las 05:15pm y las 6:15pm con un total de 1195 vehículos mixtos lo que equivale a un factor de hora pico de 0,92. Representando una distribución relativamente uniforme de flujo, obteniendo una condición de demanda sostenida durante la hora Pico. Respecto a los días atípicos (sábados), los volúmenes máximos son inferiores a los calculados en día típico, confirmando que la condición crítica de diseño corresponde al día laboral típico.

8.1.3 Diagnóstico de la Condición Actual

La caracterización principal de la condición actual se desarrolló principalmente a partir de los movimientos 3 y 4 correspondientes a los flujos longitudinales predominantes de la Av. Calle 80. El movimiento 5 no presenta una toma de datos en el año de realización de los aforos en los movimientos anteriormente nombrados por lo cual se decidió tomar el aforo encontrado correspondiente al día 11 de diciembre de 2021.

En particular, el análisis del movimiento 4 correspondiente al sentido Oriente-Occidente, permitió identificar la condición de mayor demanda durante el período de análisis. Para el

día típico se registró un volumen mayor en el intervalo de tiempo comprendido entre las 05:45 y las 07:00 horas, evidenciando un incremento significativo de la demanda vehicular. Adicionalmente, se logra identificar una reducción de la sección transversal de cuatro a dos carriles sobre la Calle 80 en sentido Oriente-Occidente, condición localizada en la zona de estudio y coincide con el sentido en el que se identifica la demanda crítica en el movimiento⁴. Esta falta de continuidad en el trazado geométrico constituye una restricción operacional que genera una restricción de capacidad en el corredor, incrementando las longitudes de cola y aumentando los niveles de servicio en los períodos de máxima demanda

8.2 Análisis de Proyección Vehicular

A continuación, se presentan los parámetros y decisiones usadas para la proyección vehicular de la zona de estudio.

8.2.1 Selección del Método de Proyección

La comparación gráfica de los cuatro métodos de proyección evaluados (lineal, exponencial, curvilíneo potencial y logarítmico), demuestra que el método lineal y exponencial presentan un mejor ajuste a la tendencia histórica de los volúmenes aforados entre los años 2021 y 2025 para cada una de las categorías vehiculares. Los métodos potencial y logarítmico describen una tendencia asintótica que subestima el crecimiento a largo plazo tendiendo al infinito. Con lo anterior se adoptó el método de regresión lineal como modelo oficial de proyección, garantizando que los diseños propuestos sean funcionales bajo escenarios de demanda cuyos valores se acerquen al valor proyectado.

8.2.2 Volúmenes Proyectados para el Período de Diseño

A continuación, se presentan los volúmenes proyectados mediante el método de regresión lineal para los horizontes de evaluación.

Tabla 78 Proyección vehicular por método de regresión lineal

Año	Liviano (Veh/día)	Bus (Veh/día)	Intermunicipal (Veh/día)	Camión (Veh/día)	Motocicletas (Veh/día)
2030	26902	2230	1794	7545	23196
2035	33370	2720	2130	9184	31365
2040	39839	3211	2466	10823	39534
2045	46307	3701	2802	12462	47703
2050	52776	4192	3138	14101	55872

Nota: procesamiento realizado por el autor con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

A partir de los resultados obtenidos se evidencia que el tráfico de camiones presenta una tasa elevada de crecimiento, lo que consolida este corredor como una vía de carga principal que conecta la sabana occidental con la ciudad de Bogotá.

8.3 Análisis Comparativo Diseño Geométrico Alternativas.

A partir de la información proceda correspondiente a la topografía inicial y con ayuda de una imagen satelital se procedió a realizar el diseño geométrico de las dos alternativas las cuales se analizarán a continuación.

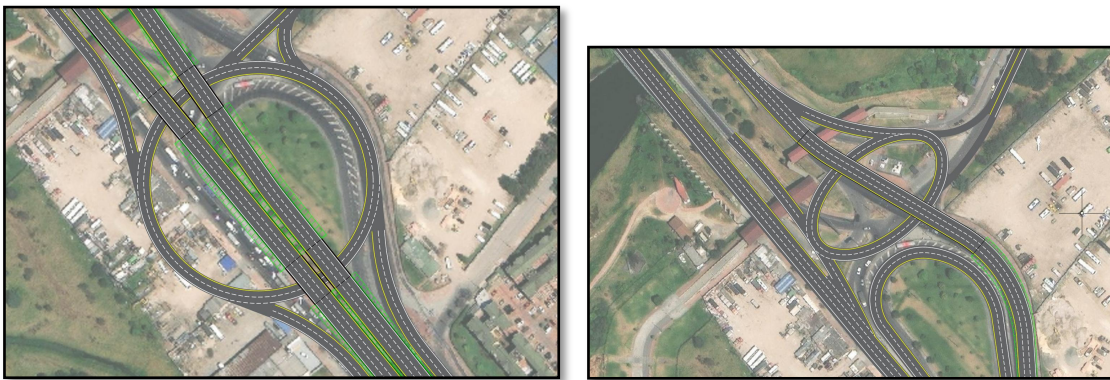
8.3.1 Descripción y Comparación de las Alternativas

Las dos alternativas corresponden a intersecciones a desnivel, las calzadas principales de la Calle 80 Sentidos Oriente-Occidente y Occidente-Oriente se diseñaron con paso elevado, se diseñó una intersección giratoria a nivel que gestiona los movimientos de acceso y salida hacia la transversal 120. La isleta central de las dos alternativas se compone de las siguientes diferencias:

- **Alternativa 1:** Compuesta de una glorieta convencional circular cuya isleta central tiene un radio interior de 65 metros, se diseñó un anillo de circulación de dos carriles (ancho de carril 3,65 metros). La glorieta está compuesta por 2 ramales de acceso (Accesos provenientes de las calzadas principales Calle 80 sentido Oriente-Occidente y Occidente-Oriente), de igual manera un ramal de salida cuyo flujo vehicular conecta la glorieta con la calzada Calle 80 sentido Occidente-Oriente y un ramal mixto de acceso y salida que conecta el flujo vehicular de la glorieta con la Transversal 120. Las calzadas principales de la calle 80 en sentidos Oriente-Occidente y viceversa están compuesto por un terraplén y viaductos cortos en la zona de intersección con la glorieta a nivel.

- **Alternativa 2:** Esta alternativa está diseñada con una glorieta ovalada cuyo radio mayor tiene una longitud de 49 metros y su radio menor tiene un radio de 27 metros, se diseñó un anillo de circulación de dos carriles (ancho de carril 3,65 metros), la glorieta a nivel contiene 4 ramales de los cuales 2 ramales son de acceso (Accesos provenientes de las calzadas principales Calle 80 sentido Oriente-Occidente y Occidente-Oriente), un ramal de salida a la transversal 120 y un ramal de conexión de la transversal 120 a la calzada Calle 80 sentido Oriente-Occidente. La calzada Calle 80 sentido Oriente-Occidente está diseñada con un paso a desnivel con un viaducto de una longitud de 130 metros, la calzada de la Calle 80 sentido Occidente-Oriente no tiene variación respecto a la condición actual. De igual manera se plantea una calzada interna BRT, exclusiva para sistema masivo de transporte Transmilenio.

Figura 35 Comparativo Diseño Geométrico Alternativas



Nota: Alternativas diseñadas con ayuda de software Civil 3D.

8.3.2 Análisis de Cumplimiento Normativo

En la tabla 72 se realiza el comparativo de cumplimiento según los parámetros indicados en los manuales de diseño geométrico del INVIAS.

Tabla 79 Comparativo Parámetros de Diseño Geométrico.

Parámetro	Valor mínimo	Alternativa 1	Alternativa 2	Selección
Velocidad de diseño calzada principal	50 hm/h	50 hm/h	50 hm/h	=
Velocidad de diseño glorieta	20 km/h	30 km/h	30 km/h	=
Radio mínimo curvatura (calzada principal)	175 m	250 m	190 m	Alternativa 1
Radio circulación interna	≥25m	65 m	27-49 m	Alternativa 1
Ancho de carril glorieta	3,65m	3,65m	3,65m	=
Pendiente longitudinal máxima calzada principal	6,00%	2,00%	2,00%	=
Calzada exclusiva Transmilenio	N/A	No incluye	Incluida	Alternativa 2

Nota: Comparativo de parámetros de diseño geométrico diseñado por el autor.

La alternativa 1 presenta parámetros de diseño geométrico correspondiente a radios de curvatura (250m vs 190m) lo que se traduce en condiciones de trayectoria más suavizadas lo que beneficia el desplazamiento de los vehículos pesados y menores requerimientos de peralte. La alternativa 2 incorpora infraestructura para Transmilenio dándole una ventaja respecto a lo planteado por las autoridades del Distrito en cuanto a las mejoras propuestas de movilidad. En cuanto a los radios de las glorietas la alternativa 1 presenta una leve ventaja ya que a mayor radio no se presenta mayor complejidad en maniobras de giro para vehículos de gran longitud.

8.4 Análisis Operacional

Para este capítulo de esta investigación se hizo una micro simulación de un lapso de 600 segundos (cantidad máxima permitida por la llave). A continuación, se presenta un análisis de los resultados obtenidos a partir de las micro simulaciones realizadas mediante el software PTV Vissim (llave estudiantil)

8.4.1 Calibración y validación de los modelos

La calibración de ambos modelos de micro simulación alcanzó altos niveles de aceptación para todos los vehículos evaluados, obteniendo valores de indicador estadístico GEH inferiores a 4 en los nodos aforados y evaluados. Los errores por categoría vehicular se mantienen entre el 0% y el 4%, siendo la categoría de bus intermunicipal el de mayor error relativo correspondiente al 4% en la alternativa 2.

8.4.2 Niveles de Servicio por Horizonte Alternativa 1

Tabla 80 Niveles de servicio por horizonte de proyección Alternativa 1

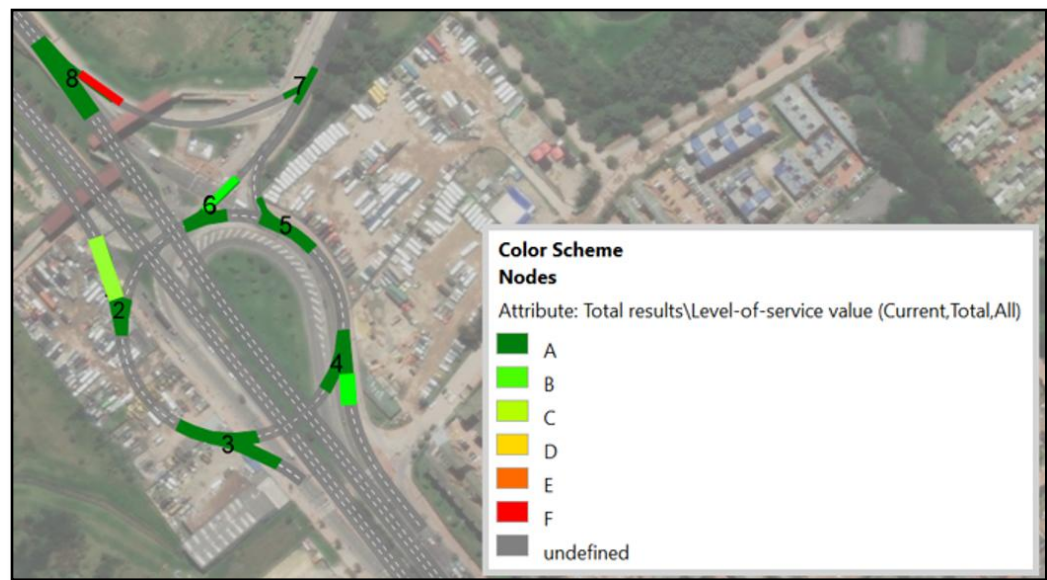
Horizonte	Nodo Crítico	Demora (s/veh)	Cola Máx. (m)	LOS	Observación
2025	Todos los accesos	<1	<5	A	Operación libre
2030	Acceso TV120	6.5	9.7	A	Operación aceptable
2040	Acceso TV120	16	24.5	C	Congestionamiento leve
2050	Acceso TV120	26	29.6	D	Restricción operacional
2060	Acceso TV120	97	84	F	Colapso operacional

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

La alternativa 1 mantiene niveles de servicio Ay B en las calzadas principales de la Calle 80 en sentido Oriente- Occidente y viceversa a lo largo de los horizontes de diseño. Al finalizar

las respectivas modelaciones se logra identificar el punto crítico de esta alternativa el cual se encuentra localizado en el Acceso de la Traversal 120 con Calle 80 sentido Oriente-Occidente (Salida a Siberia), el cual después del horizonte de 20 años (año 2050) disminuye a nivel de servicio F tal y como se observa en la figura 31. Respecto a las calzadas principales de la calle 80, estas mantienen un nivel de servicio A durante los horizontes de diseño, confirmando la eficacia del paso a desnivel para aislar el flujo directo de la congestión en la glorieta.

Figura 36 Nivel de servicio Alternativa 1 Horizonte 30 años



Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

8.4.1 Niveles de Servicio por Horizonte Alternativa 2

Tabla 81 Niveles de servicio por horizonte de proyección Alternativa 1

Horizonte	Nodo Crítico	Demora (s/veh)	Cola Máx. (m)	LOS	Observación
2025	Tv 120-Glorieta	10	21.6	B	Demora leve
2030	Tv 120-Glorieta	10	23.6	B	Operación estable
2040	Tv 120-Glorieta	55	23.8	F	Colapso operacional
2050	Tv 120-Glorieta	26-44	70.7-104	D/E	Alta congestión
2060	Tv 120-Glorieta	55-58	61-130	F	Colapso generalizado

Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

La alternativa 2 presenta un deterioro operacional desde el inicio de operación de la intersección, el nodo localizado en el acceso a la glorieta desde la transversal 120 alcanza un nivel de servicio F en un horizonte de 10 años (año 2040) con una demora de 55 seg/veh, en los siguientes horizontes varios nodos de la glorieta ovalada alcanzan niveles de servicio E y F con longitudes máximas de cola de hasta 104 m. La presencia de una calzada exclusiva de Transmilenio aumenta los conflictos operacionales debido a la geometría de diseño de la glorieta y la reducción de carriles de acceso lo que genera una amplificación significativa de conflictos operacionales en los horizontes de demanda.

Figura 37 Nivel de servicio Alternativa 2 Horizonte 30 años



Nota: Procesamiento realizado por el autor en Vissim con base en los registros entregados por la entidad de movilidad.

8.5 Análisis comparativo y Selección de Alternativa

8.5.1 Evaluación de Alternativas

A continuación, se presenta una matriz evaluativa en la que se comparan los aspectos más relevantes respecto al diseño geométrico y análisis operacional de las dos alternativas.

Tabla 82 Matriz de evaluación entre alternativas

Criterio de Evaluación	Alternativa 1	Alternativa 2	Selección
Cumplimiento normativo INVIAS/IDU	Cumple	Cumple	=
Radio de curvatura Calzada principal	250 m	190 m	Alt 1
LOS Calzada principal	A en todos	A en todos	=
LOS Nodos secundarios (Horizonte 10 años)	C	F	Alt 1
LOS Nodos secundarios (Horizonte 30 años)	F en un nodo	F en múltiples	Alt 1
Longitud máxima de cola (30 años)	84 m	130 m	Alt 1
Año de aparición LOS F	2060	2030	Alt 1
Compatibilidad con Transmilenio	No incluye	Incluye	Alt 2
Geometría glorieta	Circular	Ovalada	Alt 1
Adaptabilidad geométrica	Moderada	Alta	Alt 2
Compra de predios	Contiene	No requiere	Alt 2

Nota: Procesamiento realizado por el autor.

8.5.2 Alternativa Seleccionada y Justificación

Con base en los análisis integrales realizados anteriormente respecto a los criterios operacionales, geométricos y funcionales, la Alternativa 1 (intersección a desnivel con glorieta convencional circular) se constituye en una solución con mejores resultados por las siguientes razones:

- **Desempeño operacional superior:** Mantiene niveles de servicio A y B en el 85% de sus nodos durante los primeros 20 años del período de diseño frente a la disminución temprana de la alternativa 2 la cual presenta niveles de servicio F a los 10 años.
- **Mayor vida útil funcional:** El nodo con nivel de servicio más crítico F, se registra a partir del horizonte 30 años (año 2060) mientras que en la alternativa 2 se presenta a partir del horizonte 10 años (año 2040).
- **Geometría favorable para tráfico pesado:** El radio de curvatura 250 m en las calzadas principales, así como el radio de circulación interna de la glorieta de 65 metros genera trayectorias adecuadas para camiones de más de 3 ejes, así como para buses intermunicipales.

- **Menores longitudes de cola:** En el horizonte de 30 años, se generan colas máximas de 84 m frente a los 130 m obtenidos en la alternativa 2, reduciendo de manera significativamente la probabilidad de boqueo de las intersecciones adyacentes.

La alternativa escogida la cual presenta mejores resultados en el componente geométrico y el análisis operacional es la alternativa 1, sin embargo, requiere una compra de predios que puede generar un aumento de trámites, se puede complementar con la reserva de derecho de vía para una futura incorporación de una calzada exclusiva de Transmilenio la cual puede requerir demoliciones posteriores. Por otra parte, la alternativa 2 presenta niveles de servicio F en el acceso de la transversal 120 con la glorieta ovalada y a su vez el acceso de la glorieta con la calzada de la Calle 80 sentido Oriente-Occidente, a pesar de estos bajos niveles soluciona significativamente la problemática de movilidad identificada en la Calzada de la calle 80.

9 Conclusiones

Las conclusiones que se mencionan a continuación se derivan del proceso metodológico desarrollado en el estudio de tránsito, en el volumen de diseño geométrico y la evaluación operacional mediante micro simulación con el software Vissim para un horizonte de 30 años.

9.1 Conclusiones sobre el tránsito de la condición actual

- La intersección Av. Calle 80 – Conexión Lisboa opera actualmente en condiciones de saturación durante la hora pico matutina en el Calzada sentido Oriente-Occidente (salida a Siberia) opera actualmente en condiciones de saturación durante la hora pico matutina comprendida entre las 06:30am y 07:30am con un factor de hora pico de 0,81 el cual indica una demanda concentrada e irregular, esta condición concluye una ineficiencia de la infraestructura vial para atender la demanda vehicular del corredor.
- Conforme a los datos procesados en los aforos vehiculares se encuentra un alto flujo de vehículos pesados (camiones y buses intermunicipales) los cuales representan hasta el 16% del flujo total en la calzada, cifra superior respecto al promedio urbano, esta situación refleja una alta dinámica productiva en la zona de la sabana occidental por lo cual se concluye la necesidad de una infraestructura vial con altos requerimientos de capacidad y parámetros de diseño geométrico.

- Los datos de aforos procesados concluyen que se ha presentado una tasa de crecimiento promedio anual del tránsito entre 2021 y 2015 equivalente al 6,3% para vehículos livianos y de 5% para camiones.

9.2 Conclusiones de Proyección Vehicular.

- El método de regresión lineal presentó el mejor ajuste a la tendencia histórica de los volúmenes vehiculares en el período 2021-2025. La proyección indica que el tránsito total en las calzadas duplicará su número en aproximadamente 15 años respecto a la cantidad actual, por lo tanto, se concluye que una intervención en la intersección es requerida con urgencia.
- Los volúmenes proyectados para un horizonte de 30 años evidencian un incremento acumulado de hasta el 150% en vehículos livianos respecto al año base, con esto se confirma que cualquier intervención debe ser diseñada para una demanda significativamente superior.
- La información suministrada por la secretaria de movilidad es insuficiente ya que no presenta una continuidad en la toma de datos, sin se eligió el día con flujos constantes.

9.3 Conclusiones Seguridad Vial

- Según el análisis histórico, se evidencia una reducción en el número total de accidentes durante el período analizado, los siniestros con fallecidos presentan una tendencia de crecimiento. Lo que indica que, en condiciones de operación, la intersección no debe enfocarse solamente en reducir las frecuencias de los incidentes, sino en disminuir la severidad de estos, mediante cambios en la geometría que controlen la velocidad y reduzcan los conflictos vehiculares.
- Una gran parte de siniestros viales se concentra en los sectores donde se presentan reducciones de capacidad y transiciones abruptas de carril. Estas condiciones generan maniobras de cambio de carril, frenados fuertes y conflictos entre vehículos livianos, motocicletas y vehículos pesados, aumentando el riesgo de colisión.
- La evaluación de alternativas de diseño geométrico demuestra que una solución con mejor canalización de movimientos, radios de curvatura adecuados y menor número de conflicto contribuye a mejorar notablemente las condiciones de seguridad para

todos los usuarios de la vía. La alternativa seleccionada reduce las interferencias entre flujos vehiculares y favorece la trayectoria entre las calzadas perpendiculares a la intersección.

9.4 Conclusiones del Diseño Geométrico

- Las dos alternativas de diseño geométrico cumplen los requerimientos mínimos exigidos por el manual del INVIAS (2008) y la guía IDU (2014), validando su factibilidad técnica respecto a la normativa colombiana.
- La alternativa 1 presenta mejores condiciones geométricas con su radio de curvatura de 250 m y con la glorieta de radio interno de 65 metros, estos elementos son una ventaja en los desplazamientos ya que el corredor presenta una alta participación de tráfico pesado.
- LA alternativa 2 con glorieta ovalada presenta una inclusión de una calzada exclusiva para Transmilenio, respondiendo a la necesidad de planificación integral del transporte intermodal. Sin embargo, esta reduce la capacidad de diseño geométrico por lo cual se planteó una glorieta ovalada la cual presenta conflictos operacionales altos en la Transversal 120.

9.5 Conclusiones de Evaluación Operacional.

- La calibración de los modelos de micro simulación para las dos alternativas alcanzó un alto porcentaje de aceptación en todos los nodos de evaluación y categorías vehiculares, con indicadores GEH inferiores al 2,5 en la alternativa 1 y a 4% en la alternativa 2, confirmando el ajuste estadístico de los modelos y la confiabilidad de los resultados de proyección.
- La alternativa 1 garantiza niveles de servicio A y B en las calzadas de la Av. Calle 80 en ambos sentidos, durante todos los períodos de diseño, mantiene niveles aceptables que van de (A-C) en los nodos de la glorieta durante los primeros 20 años. El punto crítico identificado en la modelación corresponde al acceso de la Transversal 120- Av. Calle 80 el cual en el año 2060 presenta un nivel de servicio F.
- La alternativa 2 al igual que la 1 presenta niveles de servicio A en las calzadas de la Av. Calle 80, pero se obtuvieron deterioros operacionales desde el horizonte de

proyección de 10 años en la glorieta. El punto crítico corresponde al acceso de la Tv120 a la glorieta, el cual tiene un nivel de servicio F en el horizonte de 10 años, con demoras de hasta 55 seg/veh y longitudes de cola que van hasta los 130 m en el horizonte de 30 años.

- A partir del análisis realizado a las dos alternativas se concluye que la alternativa 1 (intersección a desnivel con glorieta convencional circular) es la solución recomendada como solución a la problemática de movilidad de la intersección Av. Calle 80- Conexión Lisboa. Esta alternativa ofrece mejor vida útil funcional, condiciones de operación con mejor resultado a lo largo del incremento de la demanda y una geometría más segura para todas las categorías vehiculares que transitan por la intersección.

10 Recomendaciones

A continuación, se presentan las recomendaciones técnicas para la implementación de la solución a la problemática definida.

- Desarrollar el diseño definitivo de la Alternativa 1 con alineaciones horizontales y verticales, perfiles de rasante, secciones transversales tipo, señalización horizontal y vertical e iluminación del corredor, bajo los lineamientos estipulados por el IDU y las normas técnicas exigidas por las entidades.
- Realizar el prediseño estructural de los viaductos y terraplenes de las calzadas principales incluyendo el cálculo de cargas vehiculares según la norma NSR-10 y las especificaciones AASHTO para puentes.
- Diseñar los elementos de drenaje superficial y subsuperficial conforma al manual de drenajes de carreteras INVIA (2009), considerando las condiciones de hidropneumático, así como las condiciones hidrogeológicas de la zona de inundación del río Bogotá.
- Realizar un diagnóstico inicial, así como un inventario de redes para implementar planes de acción y cronogramas de intervención de acuerdo con las condiciones actuales encontradas en terreno.

- Realizar aforos vehiculares continuos durante por lo menos 5 días consecutivos durante las 24 horas del día, con el fin de obtener unas bases de proyección más sólidas ajustadas a las condiciones reales de movilidad en la zona de estudio.
- Realizar un estudio de velocidad de punto y de recorrido en condiciones reales de tráfico para calibrar los parámetros de Wiedemann 99 con mayor precisión.
- Ampliar el período de calibración de los modelos de micro simulación utilizando la versión comercial del software Vissim con el cual se puede evaluar la hora completa máxima de demanda.
-

Figura 38 Red vial Bogotá



Nota: Tomado de Google Earth.

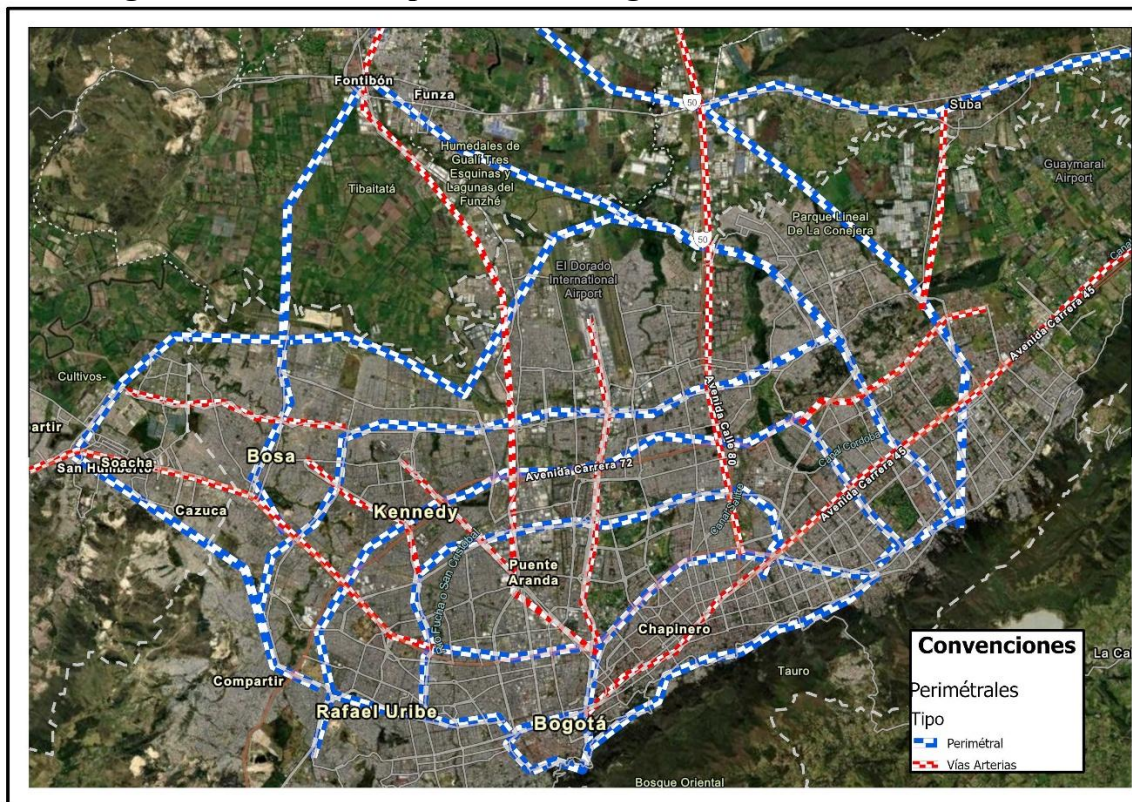
La red vial de la ciudad de Bogotá presenta una configuración en su mayoría predominante de manera ortogonal, la cual se ha generado desde tiempos coloniales, si bien esta distribución morfológica favorece la legibilidad urbana y la distribución homogénea del trazado predial, genera una dependencia hacia un número reducido de avenidas principales como la Calle 80, Calle 26, Av. Américas, Av. Boyacá, KR 30 y la Av. Caracas, estos corredores concentran los principales desplazamientos largos interconectando localidades hacia el centro expandido de la capital.

que por el contrario es técnicamente necesario iniciar una consolidación de corredores viales perimétrales que cumplan con las siguientes funciones sistemáticas:

- 1.1 Permitir la conexión directamente entre localidades de la periferia noroccidental (Suba-Engativá-Fontibón-Bosa) sin obligar al tránsito a ingresar a la malla vial central, reduciendo así la longitud de los viajes internos y la carga sobre las avenidas troncales, de igual manera estas vías perimétrales deberán contar con conexiones radiales que permitan distintas conexiones con municipios como Madrid, Mosquera, Cota, Chía.
- 2.1 Mantener rutas alternativas en buenas condiciones las cuales funcionen como vías de nivel arterial y que absorban los flujos desviados en condiciones de incidentes sobre las vías principales, garantizando el funcionamiento del sistema.
- 3.1 Restringir funcionalmente los trayectos de largo desplazamiento, el tránsito de paso regional y de carga pesada hacia los accesos al centro de la ciudad, conforme a la jerarquía funcional establecida por el INVIAS, para vías primarias, secundarias y terciarias.
- 4.1 Aumentar y mejorar la eficiencia operacional del Sistema Integrado de Transporte Público (Línea 1 del Metro, Transmilenio, SITP), cuyos corredores troncales se ven hoy directamente afectados por la congestión vehicular mixta al transitar por estas mismas vías arterias.

Los diseños geométricos planteados en la presente investigación corresponden una intervención necesaria e inmediata sobre un nodo crítico del sistema, pero debe enmarcarse en una visión de red que contemple a mediano y largo plazo la materialización y mejora de corredores perimetrales que ayuden a mejorar la capacidad en las intersecciones y esta a su vez se traduzca en mejores niveles de servicio a escala urbana y metropolitana tal y cómo se observa en la figura 40.

Figura 40 Modelo vías perimetrales Bogotá.



Nota: Procesado por el autor mediante software ArcGIS Pro

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Acosta, Y. M. C. (2023). *Evaluación del desempeño del tráfico en glorietas* [Trabajo de grado, Universidad del Magdalena]. Repositorio Institucional Universidad del Magdalena.
<https://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/12547>
- [2] American Association of State Highway and Transportation Officials. (2004). *A policy on geometric design of highways and streets*.
- [3] Arboleda Vélez, G. (2000). *Cálculo y diseño de glorietas*. AC Editores.
- [4] Arboleda Vélez, G. (2010). *Vías urbanas: Clasificación, dimensionamiento y diseño*. Universidad Nacional de Colombia.
- [5] Batari, A., & Ibrahim, M. N. (2024). Roundabout safety benefits, design considerations and safety evaluation techniques: A review. *African Journal of Advances in Science and Technology Research*, 16(1), 74–92.
<https://doi.org/10.62154/ajastr.2024.016.010357>
- [6] Brockenbrough, R., & Boedecker, K. (2004). *Highway engineering handbook*. McGraw-Hill.
- [7] Cal y Mayor, R., & Cárdenas Grisales, J (2018). Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones (9.º ed.) Alfaomega.
- [8] Cárdenas Grisales, J. (2002). *Diseño geométrico de carreteras*. Ecoe Ediciones.
- [9] Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020). *Proyecciones y retroproyecciones de población con base al CNPV-2018*. <http://www.dane.gov.co/>
- [10] Federal Highway Administration -FHWA. (2010). Roundabouts; An informal guide (2nd ed.). U.S. Department of Transportation.
- [11] Gallardo Víctor. (2005). Funciones de las rotondas urbanas y requerimientos urbanísticos de organización. Ministerio de Fomento, España
- [12] Giuffrè, O., Granà, A., & Tumminello, M. L. (2016). Gap-acceptance parameters for roundabouts: A systematic review. *European Transport Research Review*, 8(2).
<https://doi.org/10.1007/s12544-015-0190-4>
- [13] Gkyrtis, K., & Kokkalis, A. (2024). Geometric design elements and operational performance of roundabouts: A systematic review. *Transportation Engineering*.
- [14] Instituto de Desarrollo Urbano - IDU. (2014). Guía para el diseño de vías urbanas de Bogotá. Alcaldía Mayor de Bogotá.
- [15] Instituto Nacional de Vías - INVIAS. (2008). Manual de diseño geométrico de carreteras (2a ED.). Ministerio de Transporte de Colombia.
- [16] Instituto Nacional de Vías - INVIAS. (2018). Manual de capacidad y niveles de servicio para carreteras de dos carriles Ministerio de Transporte de Colombia.
- [17] Manjunatha, P. Vortisch, P. Mathew, T. (2012). Methodology for the calibration of Vissim in mixed traffic.
- [18] Ministerio de Transporte. (2004). Resolución 4100 de 2004: Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera.
- [19] Ministerio de Transporte. (2014). Resolución 1565 de 2014: Por la cual se expide la guía metodológica para la elaboración del plan estratégico de seguridad vial.

- Ministerio de Transporte. (2015). *Manual de señalización vial: Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia*. <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/documentos-tecnicos1>
- [20] Ministerio de Transporte & Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de diseño geométrico de carreteras*. <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/documentos-tecnicos1>
- [21] Montoya H., G. (2005). *Ingeniería de tránsito*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- [22] Oregon Department of Transportation. (2011). *Protocol for VISSIM simulation*.
- [23] Park, B., & Schneeberger, J. D. (2003). Microscopic simulation model calibration and validation: Case study of VISSIM simulation model for a coordinated actuated signal system. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1856.
- [24] PTV Group. (2011). *PTV Vissim 5.40 user manual* [Computer software manual].
- [25] Reyes Spíndola, R. C. M., & Cárdenas Grisales, J. (2007). *Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones*. Alfaomega.
- [26] Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, & Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *Manual de calles: Diseño vial para ciudades mexicanas*. <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/manual-de-calles-diseno-vial-para-ciudades-mexicanas>
- [27] Tageldin, A., Sayed, T., & Ismail, K. (2018). Evaluating the safety and operational impacts of left-turn bay extension at signalized intersections using automated video analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 120, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.07.029>
- [28] Toledo, T., Koutsopoulos, H. N., Davol, A., Ben-Akiva, M., Burghout, W., Andreasson, I., Johansson, T., & Lundin, C. (2003). Calibration and validation of microscopic traffic simulation tools: Stockholm case study. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1831.
- [29] Transportation Research Board - TRB. (2022). Highway Capacity Manual (HCM) 7th Edition. National Academies of Sciences, Engineering, and medicine.
- [30] Uribe Celis, S. L. (2006). *Manual de diseño geométrico para vías e intersecciones urbanas*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/22796>
- [31]

ANEXOS

Volumen I. Tránsito

- i. Aforos Recopilados.
- ii. Procesamiento Aforos.
- iii. Simulación Vissim.
- iv. Calibración Modelos.
- v. Resultados simulación.

Volumen II. Diseño Geométrico

- i. Topografía inicial.
- ii. Diseño geométrico.