



Imagen recuperada de elfrente.com.co/

**CONSULTORÍA PARA LA
ACTUALIZACIÓN DEL PLAN
MAESTRO
METROPOLITANO DE
MOVILIDAD (PMMM) DEL
ÁREA METROPOLITANA DE
BUCARAMANGA**

**Visión del Plan y Objetivos
del PMMM del AMB**



Control de Versiones

Título del Documento:	Visión del Plan y Objetivos del PMMM del AMB		
Referencia del documento:	Etapa III		
Revisión:	3		
Fecha Entrega Versión anterior:	18-04-2022		
Fecha Recepción Observaciones	26-04-2022		
REVISIONES			
Revisión	Fecha	Capítulo(s) Modificados(s)	Descripción de la Modificación
0	17-12-2021		Versión Inicial
1	24-03-2022		Versión con complemento modelo
2	18-04-2022	Todos	Versión ajustes de acuerdo con las observaciones y comentarios realizados
3	29-04-2022	2	Versión con ajustes en tipografía e inclusión de análisis para modos activos
4	23-05-2022	Todos	Versión con anexos nombrados según corresponda dentro de los capítulos del documento

Realizó	Revisó	Aprobó
Equipo de Consultoría	Responsable Técnico	Coordinador de Proyecto
Union Temporal Transconsult - PROFIT Mauricio Gallego Jorge Mario Gantiva Geraldine Restrepo	Mauricio Gallego Mónica Vanegas	Mauricio Gallego
Responsable	Responsable	Coordinador

APROBÓ:

SUPERVISOR DEL CONTRATO

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	8
1. VISIÓN Y OBJETIVOS DEL PMMM	10
1.1. METODOLOGÍA	10
1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PARTICIPACIÓN CON LAS COMUNIDADES	11
1.2. MATRIZ DOFA	18
1.3. PROBLEMÁTICAS Y OBJETIVOS.....	25
1.3.1. PROBLEMÁTICAS A PARTIR DEL DIAGNÓSTICO Y TRABAJO CON ESPECIALISTAS.....	25
1.3.2. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS EN LAS JORNADAS DE PARTICIPACIÓN CON LA COMUNIDAD	30
1.3.3. OBJETIVOS	34
1.4. VISIÓN.....	35
1.4.1. SOCIALIZACIÓN Y AJUSTES	35
1.4.2. CONSTRUCCIÓN VISIÓN.....	36
2. MODELO	39
2.1. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE CUATRO ETAPAS	39
2.1.1. ETAPA DE GENERACIÓN – ATRACCIÓN	40
2.1.2. MODELO DE DISTRIBUCIÓN	41
2.1.3. ELECCIÓN MODAL.....	43
2.1.4. MODELO DE ASIGNACIÓN	44
2.2. PREPARACIÓN DEL MODELO.....	48
2.2.1. ZONA DE ANÁLISIS DE TRANSPORTE	48
2.2.2. RED VIAL DEL MODELO	55
2.2.3. RED DE TRANSPORTE PÚBLICO	56
2.3. CALIBRACIÓN DE LA DEMANDA	58
2.3.1. CALIBRACIÓN MODELO DE TRANSPORTE PÚBLICO.....	58
2.3.2. CALIBRACIÓN MODELO DE ASIGNACIÓN DE TRÁFICO.....	70
2.4. MODELO DE CUATRO ETAPAS.....	77
2.4.1. MODELO DE GENERACIÓN - ATRACCIÓN.....	78
2.4.2. MODELO DE DISTRIBUCIÓN	79
2.4.3. MODELO DE SELECCIÓN MODAL.....	80
2.4.4. MODELO DE ASIGNACIÓN	86
2.5. PROYECCIÓN DEL ESCENARIO BASE	90
2.6. EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS	96
2.7. MODELACIÓN DE MODOS ACTIVOS	104
3. ANEXOS	107
4. BIBLIOGRAFÍA	108

Índice de Figuras

Figura 1. Línea de tiempo de la consultoría.....	9
Figura 2. Metodología establecida	11
Figura 3. Balance de las jornadas	14
Figura 4. Estructura de los talleres	15
Figura 5. Herramientas para la manifestación de las problemáticas en talleres virtuales y presenciales....	16
Figura 6. Divulgación de las jornadas y piezas para redes sociales que permiten la participación y aportes de los usuarios de las redes sociales del AMB	17
Figura 7. Cuadro de identificación y clasificación de problemáticas enunciadas por la comunidad	17
Figura 8. Síntesis del proceso de integración para la construcción colectiva del PMMM desde las Jornadas de Participación	18
Figura 9. Metodología evaluación dofa	18
Figura 10. Palabras claves para clasificación de problemáticas	31
Figura 11. Proceso construcción objetivos	34
Figura 12. Problemáticas representativas AMB.....	35
Figura 13. Palabras clave Visión	36
Figura 14. Construcción Visión	36
Figura 15. Visión PMMM.....	37
Figura 16. Principios PMMM	37
Figura 17. Proceso general del modelo de Cuatro etapas.....	39
Figura 18. Flujograma del modelo de Cuatro etapas	40
Figura 19. Zonas de Análisis de Transporte 2011.....	49
Figura 20. Ajuste ZAT por Morfología de zonas 2011 a 2019	50
Figura 21. Ajuste ZAT por nuevos asentamientos.....	51
Figura 22. Ajuste ZAT por ampliación de borde urbano.....	52
Figura 23. Ajuste ZAT por agrupación de segmentos.....	53
Figura 24. Zonas de Análisis de Transporte 2021.....	54
Figura 25. Red vial 2021	55
Figura 26. Red de transporte público 2021.....	57
Figura 27. Líneas de Viaje Matriz Semilla – transporte público	59
Figura 28. Trazado de las Rutas del Sistema	62
Figura 29. Mapa de Calor Ascensos Medidos	63
Figura 30. Mapa de Calor Descensos Medidos.....	64
Figura 31. Comparación gráfica Accesos medios vs modelados	68
Figura 32. Accesos por empresa/operador.....	69
Figura 33. Asignación por corredor	70
Figura 34. Líneas de Viaje Matriz Semilla – tráfico	71
Figura 35. Clasificación vial del modelo.....	72
Figura 36. Relación Ocupación – Velocidad – Vías tipo 1	74
Figura 37. Comparación gráfica arcos medidos vs modelados.....	76
Figura 38. Flujo por arco – ocupación.....	77
Figura 39. Estructura del modelo de elección en transcad	85
Figura 40. Partición modal agregada	85
Figura 41. Partición modal por segmento	86
Figura 42. Asignación de tráfico modelo Cuatro Etapas año 2021	88
Figura 43. Ascensos y descensos por operador/empresa - 2021.....	90
Figura 44. Proyección de población por ZAT.....	93
Figura 45. Proyección de viajes para la Hora Pico.....	94
Figura 46. Partición modal – para los horizontes modelados	95
Figura 47. Flujo del modelo para evaluar proyecto	97
Figura 48. variaciones en el transporte público -1.....	98

Figura 49. variaciones en el transporte publico -2.....	99
Figura 50. variaciones en el transporte publico -3 - Cable	100
Figura 51. proyectos viales.....	100
Figura 52. Lineas de viaje bicis y peatones (hora pico)	104
Figura 53. Flujos potenciales de bicis (hora pico)	105
Figura 54. Viajes Intrazonales Modo Peatonal	106

Índice de Tablas

Tabla 1. Agenda de las Jornadas de Participación	12
Tabla 2. Factores internos Debilidades	19
Tabla 3. Factores internos Fortalezas	21
Tabla 4. Factores externos Oportunidades.....	23
Tabla 5. Factores externos Amenazas	24
Tabla 6. Problemáticas identificadas y sus objetivos para el componente Legal e Institucional	25
Tabla 7. Problemáticas identificadas y sus objetivos para el componente de Urbanismo	26
Tabla 8. Problemáticas identificadas y sus objetivos para el componente de Infraestructura	27
Tabla 9. Problemáticas identificadas y sus objetivos para el componente de Seguridad Vial	28
Tabla 10. Problemáticas identificadas y sus objetivos para el componente de Transporte	28
Tabla 11. Problemáticas identificadas y sus objetivos para el componente Social	29
Tabla 12. Problemáticas por grupos.....	31
Tabla 13. Características de la red.....	56
Tabla 14. Características de la red.....	56
Tabla 15. Rutas de calibración	59
Tabla 16. Rutas trazada no incluida en calibración.....	61
Tabla 17. Tarifas y transferencias entre modos.....	64
Tabla 18. Especificaciones del modelo	65
Tabla 19. GEH por ruta.....	66
Tabla 20. Indicadores generales Asignacion transporte público	68
Tabla 21. Accesos por modo - Asignación transporte público	69
Tabla 22. Parámetros según tipo de vía	73
Tabla 23. Flujos por acceso	75
Tabla 24. Escenario de calibración – tráfico	76
Tabla 25. Resultados modelos de generación y atracción	79
Tabla 26. Forma ancha de los datos de Encuesta de Preferencias Declaradas	82
Tabla 27. Forma larga de los datos de Encuesta de Preferencias Declaradas.....	82
Tabla 28. Estimación de parámetros de costo y tiempo con un Logit condicional	83
Tabla 29. Estimación de parámetros de constantes modales con un Logit condicional	84
Tabla 30. Partición modal por segmento.....	85
Tabla 31. Indicadores generales asignación de trafico - 2021.....	88
Tabla 32. Indicadores generales asignación de trafico - 2021.....	89
Tabla 33. Rutas escenario base	90
Tabla 34. Indicadores generales de la asignacion base – transporte público	95
Tabla 35. Indicadores generales de la asignacion base – transporte público	96
Tabla 36. particion modal – comparativo con proyecto	101
Tabla 37. Indicadores generales comparación con proyecto– transporte público	102
tabla 38. indicadores generales comparacion con proyecto– tráfico.....	103
tabla 39. indicadores generales comparacion con proyecto– tráfico por ciudad	103

Índice de Anexos

- Anexo 01. Jornadas de participación**
- Anexo 02. DOFA_Objetivos**
- Anexo 03. Matrices**
- Anexo 04. Modelos**
- Anexo 05. Red Vial**
- Anexo 06. Redes**
- Anexo 07. Rutas**
- Anexo 08. Salidas**
- Anexo 09. Tablas**
- Anexo 10. ZAT**

Glosario, siglas y abreviaturas

AC	Acuerdo Metropolitano
AMB	Área Metropolitana Bucaramanga
APP	Del inglés application
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DOTS	Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible (DOTS)
EODH	Encuestas Origen Destino de Hogares
FOV	Frecuencia y ocupación visual
GEH	Formula estadística
HMD	Hora de máxima demanda
O/D	Origen - Destino
PMMM	Plan Maestro Metropolitano de Movilidad
PMM	Plan Maestro de Movilidad
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
SIT	Sistema Integrado de Transporte
SITM	Sistema Integrado de Transporte Masivo
SIVIGE	Sistema Integrado de Información de Violencias por razones de Género
TPC	Transporte Público Colectivo
UT	Unión Temporal
VOT	Del inglés Value Of Time
ZAT	Zonas de Análisis de Tránsito

Introducción

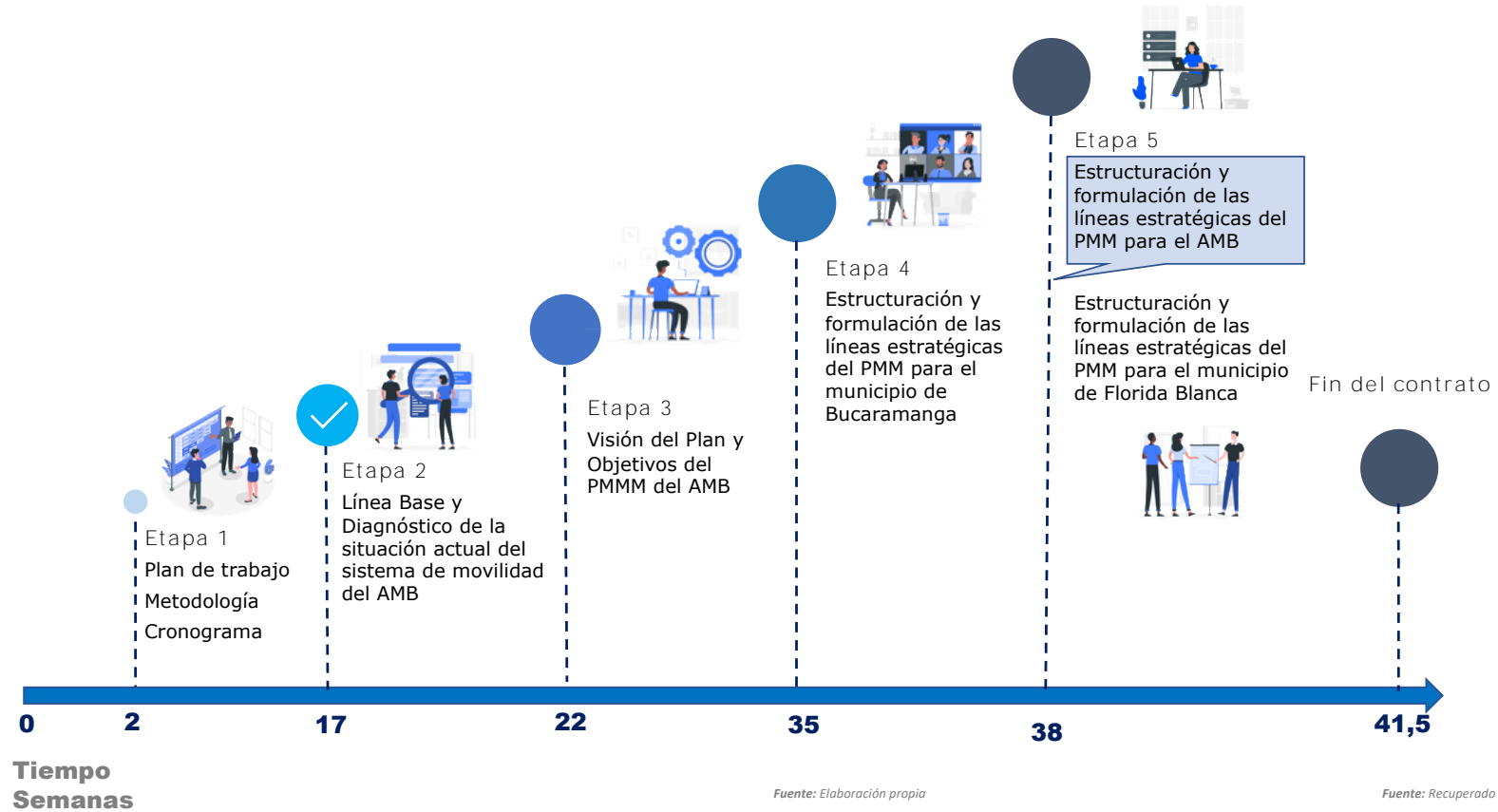
En desarrollo de los compromisos adquiridos mediante el contrato de consultoría 0051 DE 2021 CELEBRADO ENTRE LA FINANCIERA DE DESARROLLO TERRITORIAL S.A. - FINDETER Y LA UNION TEMPORAL UT PT PMMM BUCARAMANGA., cuyo objeto es “Realizar la consultoría para la actualización del Plan Maestro metropolitano de movilidad (PMMM) del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB)” se presenta el informe **Visión y Objetivos del PMMM**.

Para facilitar la lectura y seguimiento del documento, se plantean 3 capítulos distribuidos de la siguiente manera:

1. En el primer capítulo se presenta el proceso de construcción de los objetivos y la visión del PMMM, realizando un acercamiento a la metodología utilizada, los resultados de los ejercicios de los grupos focales y finalizando con la visión y los principios de esta
2. El segundo capítulo da a conocer la metodología y el proceso de modelación, sus etapas y el trabajo que se ha venido realizando con respecto a este componente
3. Para finalizar se tiene un capítulo con la bibliografía consultada y utilizada

Para acercar al lector y ubicarlo dentro del desarrollo del proyecto, en la Figura 1 se pueden identificar la línea de tiempo donde se presentan las etapas y productos por entregar durante el desarrollo del estudio.

FIGURA 1. LÍNEA DE TIEMPO DE LA CONSULTORÍA



Fuente: Elaboración propia

1. Visión y Objetivos del PMMM

La construcción de la visión permite guiar el desarrollo de las medidas. La estructuración de la visión permite guiar el desarrollo de medidas de planeación y el establecimiento de prioridades que soporten la toma de decisiones en la configuración del escenario urbano futuro deseado. La visión debe integrar los diferentes grupos de interés, generando compromisos que consoliden un elemento guía que debe ser ampliamente aceptado y validado por los diferentes actores en la movilidad del AMB en los procesos de elaboración, implementación y seguimiento del PMMM.

1.1. Metodología

El proceso de estructuración de la visión y objetivos del plan se articula a partir del trabajo realizado en la etapa de diagnóstico, y de la elaboración de la matriz DOFA donde se identificaron los factores internos y externos de manera interrelacionada que permitió la determinación de las diferentes problemáticas. Estas problemáticas se consolidan en una segunda etapa que agrupa las participaciones de los diferentes grupos focales identificados y permite incluir dentro del análisis las perspectivas, vivencias de cada grupo poblacional, mediante la validación, ajuste o inclusión dentro de aquellas ya encontradas en la fase del diagnóstico.

A partir de las problemáticas que se perciben como negativas para el desarrollo de la movilidad del territorio, se empiezan a generar objetivos que garanticen solución al problema, mediante talleres interdisciplinarios del equipo consultor, se definen objetivos generales que responden a varias problemáticas generales y agrupan otros objetivos de carácter más específico. Con la determinación de los objetivos generales se define la visión, la cual debe ser incluyente con las necesidades del territorio, con las problemáticas de los grupos poblacionales, con las directrices instituciones y de planeación y finalmente con los requerimientos normativos de la elaboración de un plan de movilidad.

Finalmente, el proceso de estructuración de la visión y objetivos del plan se soporta sobre principios que permiten generar lineamientos y directrices que permiten articular la misión de manera integral. Los resultados finales son socializados y ajustados con la entidad, esto garantiza el alineamiento del proceso.

FIGURA 2. METODOLOGÍA ESTABLECIDA



Fuente: Elaboración propia

1.1.1. Descripción del proceso de participación con las comunidades

Se realizó un proceso de participación ciudadana a través de talleres y grupos focales poblacionales, identificados inicialmente a través de la matriz de actores socializada y corroborada por el AMB. Seguido, se programaron los talleres a esos grupos de interés para los cuales se ajustaron las herramientas comunicativas dependiendo del grupo y sus intereses. (**Anexo 01. Jornadas de participación**).

En total se desarrollaron 15 talleres de participación ciudadana con los actores identificados, subsecuentemente se consolidó la información y experiencias, esto permite dar por cumplido el objetivo de conocer y recolectar problemáticas, expectativas, dudas, perspectivas, intereses, sugerencias y propuestas de cada uno de los grupos con énfasis especial en detectar oportunidades para mejorar la equidad y acceso a las comunidades en la movilidad segura e incluyente (mujeres, niños y niñas, adultos mayores y personas con discapacidad, personas vulnerables), en el marco de la formulación de la Actualización del Plan Maestro Metropolitano de Movilidad.

En general, las reuniones permitieron lograr un acercamiento con los diferentes grupos, a los cuales, en concordancia con la metodología propuesta se realizaron conversaciones cálidas alrededor de preguntas orientadoras que permitieron reconocer sus percepciones sobre la movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga.

En la Tabla 1 podemos observar las reuniones desarrolladas con su respectiva fecha, número de participantes.

TABLA 1. AGENDA DE LAS JORNADAS DE PARTICIPACIÓN

JORNADAS DE PARTICIPACION CIUDADANA- PRESENCIAL					
FECHA	HORA	MUNICIPIO	REUNION	LUGAR	Número real de asistentes
13 DE DICIEMBRE	3:00-4:30	AMB	PRESENCIAL	Salón AMB	5
13 DE DICIEMBRE	5:00 -6:00	AMB	PRESENCIAL	Oficina de mujeres y género	5
14 de DICIEMBRE	8:00 -9:30	AMB	PRESENCIAL	Centro cultural del oriente	13
15 DE DICIEMBRE	2:00-3:00	AMB	PRESENCIAL	Salón AMB	5
15 DE DICIEMBRE	9:00 - 10:30	AMB	PRESENCIAL	Barrio la Joya	56
5 GRUPOS PRESENCIALES					84

JORNADAS DE PARTICIPACION CIUDADANA- VIRTUAL							
GRUPOS DE ACTORES	TIPO DE ¹ ACTOR	FECHA	HORA	MUNICIPIO	REUNION	LUGAR	Número real de asistentes
Coordinadora Programa mujeres y equidad de género	Entidad pública relacionadas con el proyecto	9 DE DICIEMBRE	8:00 - 9:30	AMB	VIRTUAL	Microsoft Teams	1
Ministerio Transporte - UMUS - DNP-FINDETER-AMB	Responsable de las políticas del gobierno y autoridades locales	13 DE DICIEMBRE	8:00- 9:30	AMB	VIRTUAL	Microsoft Teams	6
Metrolínea y sus operadores: Metro5 Plus - Movilizamos S.A	Entidad pública relacionadas con el proyecto	13 DE DICIEMBRE	2:00 - 3:30	AMB	VIRTUAL	Microsoft Teams	1
Dependencias de Divulgación y Prensa de los municipios y el AMB	Entidad pública relacionadas con el proyecto	13 DE DICIEMBRE	4:00- 5:30	AMB	VIRTUAL	Microsoft Teams	3

¹ Esta clasificación es de acuerdo con el BID

JORNADAS DE PARTICIPACION CIUDADANA- VIRTUAL							
GRUPOS DE ACTORES	TIPO DE ACTOR	FECHA	HORA	MUNICIPIO	REUNION	LUGAR	Número real de asistentes
Instituciones Educativas: Universitarias, Técnicas (Rectores U- expertos Movilidad)	Instituciones educativas y expertos	14 de DICIEMBRE	8:00-9:30	AMB	VIRTUAL	Microsoft Teams	7
Gremios de Comerciantes e industriales del área de influencia	Grupos de interés organizado	14 de DICIEMBRE	2:00-3:30	AMB	VIRTUAL	Microsoft Teams	3
Técnicos de Planeación e infraestructura	Entidad pública relacionadas con el proyecto	14 de DICIEMBRE	4:00-5:30	AMB	VIRTUAL	Microsoft Teams	15
Concejo Municipal de Política Social	Responsable de las políticas del gobierno y autoridades locales	16 DE DICIEMBRE	10:00 - 10:30	AMB	VIRTUAL	Microsoft Teams	17
Sector social LGTBIQ+, juventudes	Sociedad civil	16 de DICIEMBRE	2:00 - 3:30	AMB	VIRTUAL	Microsoft Teams	1
Oficina de la bicicleta	Entidad pública relacionadas con el proyecto	16 de noviembre	10:00-12:00	AMB	VIRTUAL	Microsoft Teams	1
TOTAL 10 REUNIONES VIRTUALES							55

Fuente: Elaboración propia

JORNADAS DE PARTICIPACION CIUDADANA- PRESENCIAL							
GRUPOS DE ACTORES	TIPO DE ACTOR	FECHA	HORA	MUNICIPIO	REUNION	LUGAR	Número real de asistentes
Empresas de transporte colectivo	Empresas de Transporte público	13 DE DICIEMBRE	3:00-4:30	AMB	PRESENCIAL	Salón AMB	5
Oficina de la mujer de géneros	Entidad pública relacionadas con el proyecto	13 DE DICIEMBRE	5:00 - 6:00	AMB	PRESENCIAL	Oficina de mujeres y género	5
Mujeres	Grupo de interés organizado	14 de DICIEMBRE	8:00 - 9:30	AMB	PRESENCIAL	Centro cultural del oriente	13

JORNADAS DE PARTICIPACION CIUDADANA- PRESENCIAL							
GRUPOS DE ACTORES	TIPO DE ACTOR	FECHA	HORA	MUNICIPIO	REUNION	LUGAR	Número real de asistentes
(Consejo consultivo de mujeres)							
Empresas de transporte individual (taxis)	Empresas de transporte público	15 DE DICIEMBRE	2:00-3:00	AMB	PRESENCIAL	Salón AMB	5
Comunidad es étnicas y víctimas de la violencia y Migrantes	Sociedad civil	15 DE DICIEMBRE	9:00 - 10:30	AMB	PRESENCIAL	Barrio la Joya	56
TOTAL: 5 REUNIONES REUNIONES PRESENCIALES							84

Fuente: Elaboración propia

El balance general de esta jornada de participación fue el siguiente:

FIGURA 3. BALANCE DE LAS JORNADAS

Grupos de Interés



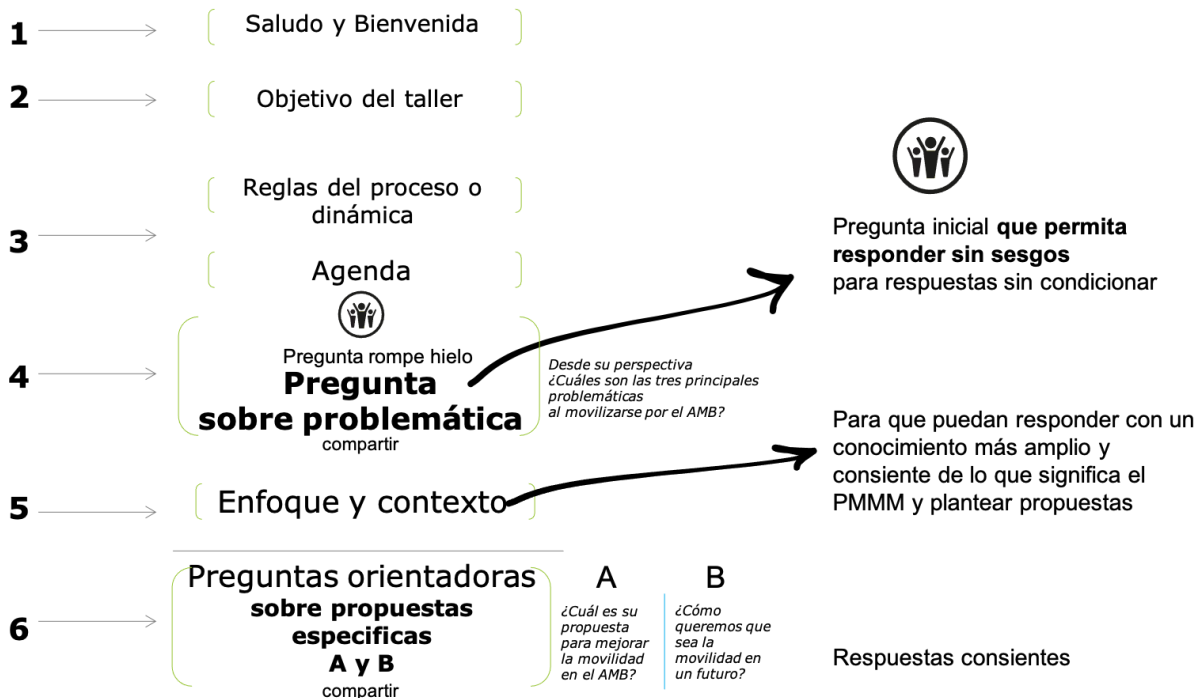
Fuente: elaboración propia

La representatividad de los grupos de interés está soportada en la diversidad; en cuanto a la representación social y de género, (expertos, entidades públicas, educativas, gremios, entre otros) la mayoría pertenecientes al uso de la movilidad con fines laborales y de estratos 4, 5 y 6, y los grupos más numerosos estaban compuestos por una representación bastante amplia de las personas que usan y viven la movilidad a diario, la movilidad del cuidado, tanto laboral como cotidiana y estaba conformada en su mayoría por los estratos 1, 2, 3 y mujeres, los y las mayores usuarias de los modos de transporte público. La consulta en redes sociales, en especial en twitter también se tuvo en cuenta para la recolección propuestas. Lo que permitió generar un acercamiento con todos los actores y sectores para conocer más de cerca las necesidades, problemáticas y propuestas en cuanto a la movilidad, entendiendo que la participación debe ir asociada al equilibrio entre la sociedad civil, la academia y gobernantes para generar sinergias en torno a la movilidad. El tipo de interacción y la forma como se realizaron estos talleres también fue muy efectiva para recoger y luego sistematizar las relatorías de la comunidad y sus diferentes actores.

1.1.1.1. Estructura de los talleres

Las jornadas se dividieron en talleres virtuales, presenciales y consulta vía redes sociales. Para los dos primeros casos la estructura de cada taller se utilizó con herramientas análogas, (talleres presenciales) y herramientas tecnológicas (talleres virtuales).

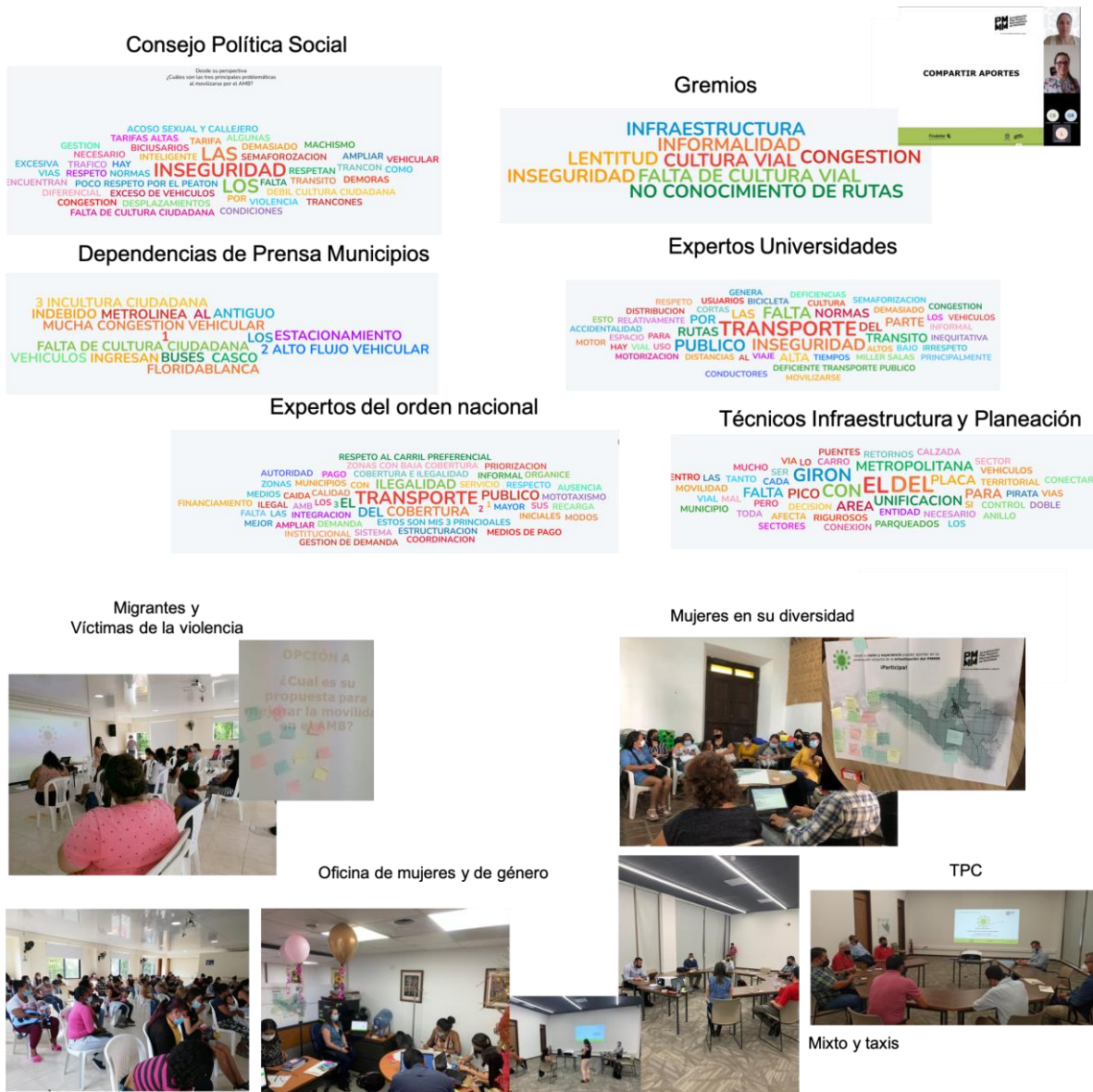
FIGURA 4. ESTRUCTURA DE LOS TALLERES



Fuente: Elaboración propia (Anexo 01. Jornadas de participación)

Las preguntas planteadas permitieron identificar problemáticas, propuestas y el tipo de movilidad con que sueña la ciudadanía del AMB en un futuro.

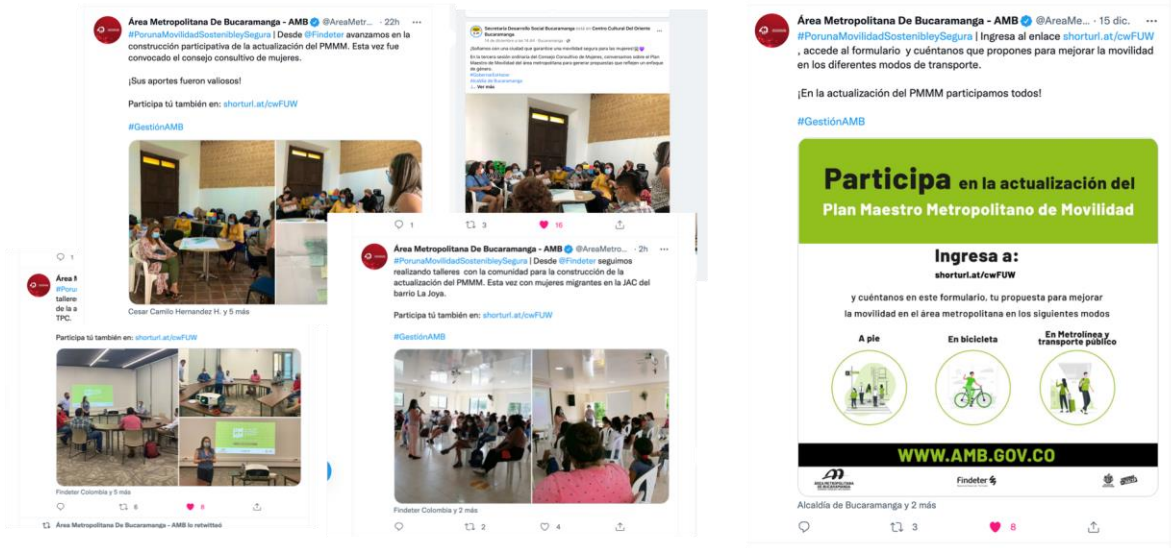
FIGURA 5. HERRAMIENTAS PARA LA MANIFESTACIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS EN TALLERES VIRTUALES Y PRESENCIALES



Fuente: Elaboración propia (Anexo 01. Jornadas de participación)

Para la consulta en redes sociales se compartió un formulario con la pregunta: ¿Cuál es su propuesta para mejorar la movilidad en el AMB, a pie, en bici y en SITM y transporte público? Los resultados de esta consulta nos permitirán en la próxima etapa del estudio integrar estas propuestas a las estrategias, planes, programas y proyectos del PMMM.

FIGURA 6. DIVULGACIÓN DE LAS JORNADAS Y PIEZAS PARA REDES SOCIALES QUE PERMITEN LA PARTICIPACIÓN Y APORTES DE LOS USUARIOS DE LAS REDES SOCIALES DEL AMB



Fuente: elaboración propia

1.1.1.2. Sistematización de la información y vinculación de los aportes de la comunidad y grupos de interés.

Para la sistematización de los aportes de la comunidad y grupos de interés, se reconocieron problemáticas comunes y se clasificaron por grupos y tipo, una vez obtenida esa clasificación, se identificaron las que eran comunes o similares a las problemáticas reconocidas por la consultoría, codificándolas por componente, ya sea social, infraestructura, transporte, legal, urbanismo o seguridad vial. Y se resaltaron en un color distinto las que la consultoría no había identificado o detallado para vincularlas al estudio.

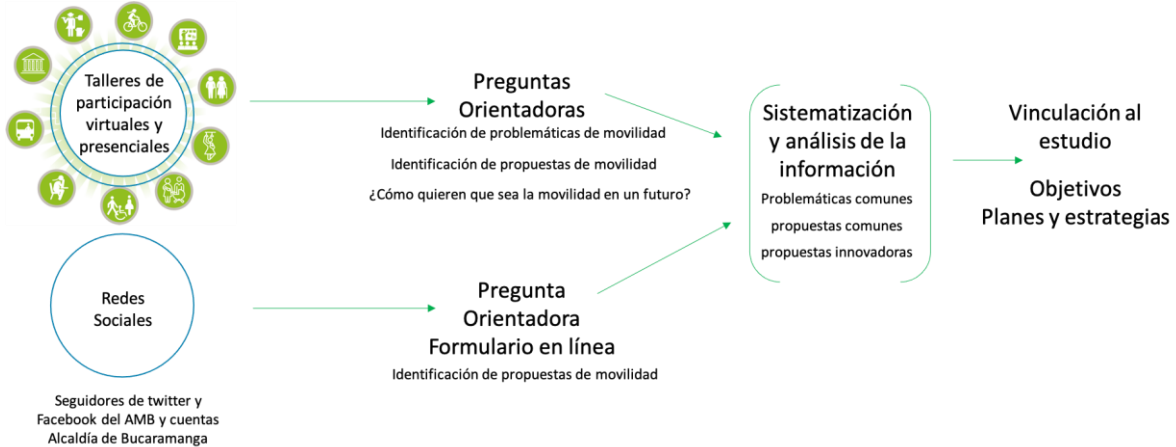
FIGURA 7. CUADRO DE IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE PROBLEMÁTICAS ENUNCIADAS POR LA COMUNIDAD

Código interno	Grupos y su problemática			Dependencia			Autóridades convocadas			Opciones de solución y de género		
	Problema	Código	Problema	Problema	Código	Problema	Problema	Código	Problema	Código	Problema	Código
01	Acoso sexual											
02	Inseguridad											
03	Institucionalidad											

Note: The table content is partially obscured by arrows and text in the original image. The arrows point to specific cells, indicating integration to proposals and problematics.

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 8. SÍNTESIS DEL PROCESO DE INTEGRACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DEL PMMM DESDE LAS JORNADAS DE PARTICIPACIÓN

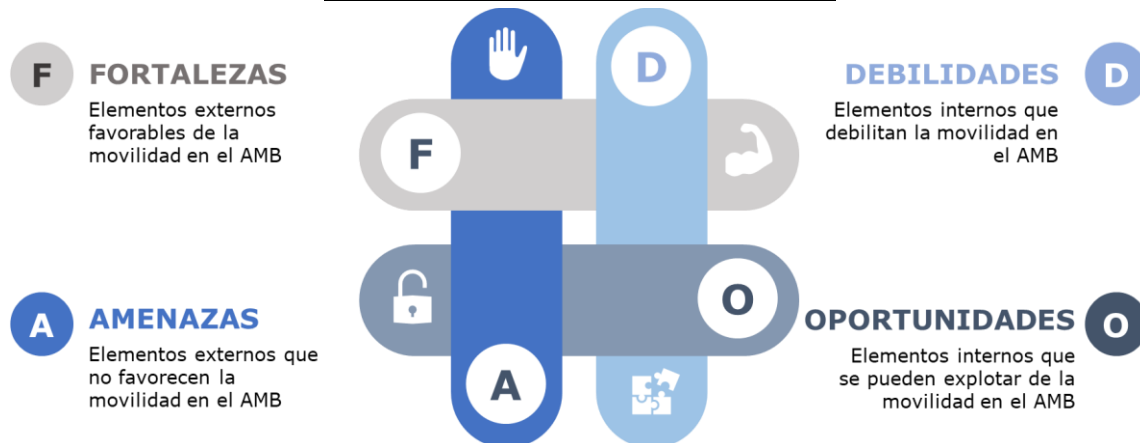


Fuente: Elaboración propia

1.2. Matriz DOFA

La matriz DOFA (ver Anexo 02. DOFA_Objetivos) permitió diagnosticar y analizar estrategias de reacción para la identificación de factores externos e internos en la movilidad local. Este análisis correspondió a un trabajo multidisciplinario que tuvo en cuenta todos los componentes que hicieron parte del diagnóstico general y fue socializado en los espacios que se tuvieron con los respectivos actores del AMB y de los municipios

FIGURA 9. METODOLOGIA EVALUACION DOFA



Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración de esta matriz se tuvo en cuenta el diagnóstico presentado en el anterior entregable, teniendo en cuenta que este análisis resume los aspectos claves del AMB, que bien pueden ser internos (fortalezas y debilidades) en los que es posible tener control y externos (oportunidades y amenazas) ofrecidas por el entorno, en los que el AMB tiene poco o nulo control.

Estos aspectos internos se pueden apreciar en las siguientes tablas y como se explicaba en la sección 1.1.1, a partir de esto fue posible llevar a cabo la construcción de los objetivos.

Posteriormente, se realizó un análisis cruzado donde se enfrentarán los pares de los factores para identificar las estrategias y acciones, en las tablas que se presentan a continuación se pueden identificar los factores internos (Debilidades y Fortalezas) y externos (Amenazas y Oportunidades).

TABLA 2. FACTORES INTERNOS DEBILIDADES

DEBILIDADES - D	
COMPONENTE	CONCLUSIÓN
Legal e Institucional	Brechas institucionales entre los organismos de tránsito del AMB
	Normatividad en materia de planeación suficiente, pero no coordinada con los mecanismos de implementación y resultados en la operación del sistema
	Necesidad de incorporar la visión metropolitana en los instrumentos de planeación. (Actualmente sólo Bucaramanga la tiene)
	Aunque existe un Observatorio Metropolitano, no están articulados todos los datos de movilidad del Área Metropolitana.
Urbanismo	Actualmente se tiene una alta concentración de servicios en Bucaramanga, lo cual limita el desarrollo de los demás municipios del AMB, impidiendo la ejecución del Modelo Territorial descentralizado.
Infraestructura	Las secciones transversales consideradas en los instrumentos de planeación privilegian a tránsito motorizado y no a los modos sostenibles.
	Existe infraestructura planteada aún no ejecutada, en el corto plazo. Particularmente se puede resaltar la estructura de circunvalares metropolitanas, las cuales permiten desviar el flujo de paso de carga y de vehículos privados.
	Parte de la malla vial no es adecuada para la circulación de vehículos de carga, ya que la geometría limita sus maniobras.
	Los carriles que privilegien la circulación del transporte público sólo están considerados en el costado central de la sección transversal, limitando a buses de puerta izquierda y sólo a ciertos corredores. Se puede explorar opciones de carriles preferenciales.
	No se cuenta con un ciclo de red adecuada, continua, segura y cómoda. Se debe alinear instrumentos de planeación como la Estrategia de la Bicicleta con el PMM del AMB.
Seguridad Vial	Los instrumentos de planeación de los diferentes municipios del área son dispares en la relevancia que le dan a la seguridad vial (Sólo Bucaramanga ha formulado PLSV). El enfoque no es sistémico y se concentran en gran medida en acciones de pedagogía y campañas, dejando de lado medidas más costo efectivas como las asociadas a la planeación urbana, la infraestructura, la control-sanción, la tecnología, entre otras.
	Débil estructura y coordinación interinstitucional. Aunque en todos los municipios del área se cuenta con algún profesional que trabaja el tema de seguridad vial, no es clara su dedicación y roles para cubrir las necesidades en la materia.
	No existen procedimientos unificados o concertados entre las diferentes municipalidades para el análisis de siniestralidad vial, tal que permita tomar medidas integrales.
	No todos los municipios del área cuentan con agentes de tránsito suficientes y/o con recursos para suscribir convenios continuos con la Policía Nacional para garantizar acciones de control-sanción.

DEBILIDADES - D	
COMPONENTE	CONCLUSIÓN
Transporte	Aumento y proliferación de modos informales
	Débil coordinación interinstitucional
	Deficiencia en el control de la operación del TPC
	Ausencia de infraestructura asociada al transporte público (Terminales, puntos despacho, paraderos, etc.)
	Baja calidad del transporte público colectivo (TPC)
	Deficiencia en la cobertura del sistema masivo
	No se cuenta con información en temas de evasión
	No hay sistema de estacionamiento en vía
Financiero	COP159.000 a COP310.000 millones (2020=100) de tope presupuestal de inversión de recursos públicos de Bucaramanga en los proyectos del sector transporte propuestos en el PMMM
	COP165.000 a COP261.000 millones (2020=100) de tope presupuestal de inversión de recursos públicos de Floridablanca en los proyectos del sector transporte
	COP150.000 a COP277.000 millones (2020=100) de tope presupuestal de inversión de recursos públicos de Girón en los proyectos del sector transporte
	COP22.000 a COP155.000 millones (2020=100) de tope presupuestal de inversión de recursos públicos de Piedecuesta en los proyectos del sector transporte
	Ausencia de claridad institucional de los rubros de ingresos disponibles para inversión en cada uno de los proyectos de movilidad
Social	No existen estrategias de abordaje de la violencia sexual como el acoso callejero, divulgación de líneas de atención y protocolos de denuncia tanto para usuarios y usuarias en el sistema de movilidad, funcionarios y funcionarias de las diferentes entidades que intervienen en la movilidad y el espacio público, estas estrategias no están articuladas con las entidades relacionadas con la seguridad
	Existencia de barreras arquitectónicas en la construcción urbana, las personas con discapacidad tienen vulnerados sus derechos de accesibilidad a las calles, a los espacios públicos en general, restringiendo con ello su autonomía y su derecho a desplazarse contando con las condiciones o adaptaciones necesarias. La infraestructura peatonal no facilita la accesibilidad para las personas con movilidad reducida: anchos de andenes adecuados, continuidad en la infraestructura, rampas, entre otros aspectos.
	No existe capacitación técnica adecuada ni personal capacitado en dar una respuesta técnica adecuada mediante los protocolos de actuación en caso de violencia de género en el espacio público y transporte, así como existen pocos procesos de capacitación y sensibilización sobre el tema para conductores de vehículos públicos y privados.
	La iluminación no está diseñada con enfoque de género y las estrategias para evitar que sea hurtada y vandalizada, no ha sido suficiente teniendo en cuenta que la movilidad no solo es una actividad de día, corresponde también al uso nocturno de las ciudades, tanto de los hombres como mujeres
	La informalidad y la falta de rutas oficiales para el transporte rural constituye un escenario inseguro que impacta la autonomía de las mujeres en el ejercicio de su movilidad cotidiana.
	No existen dentro del espacio público ni en la red de movilidad mecanismos de alerta ni físicos, ni virtuales para casos de violencia de género

DEBILIDADES - D	
COMPONENTE	CONCLUSIÓN
	Los datos de movilidad del Área Metropolitana no tienen en cuenta el enfoque de género e interseccional, (datos cuantitativos de movilidad desagregados por género, que incluyan preguntas específicas sobre violencias de género y trabajos de cuidado, así como ejercicios cualitativos que permitan la identificación de barreras en la experiencia de movilidad de poblaciones diversas)
	No es suficiente el esfuerzo de Metrolínea en el desarrollo de acciones tendientes a mejorar la accesibilidad, han implementado estrategias alternas como horarios y rutas específicas para personas con discapacidad y solo hasta 2023 las empresas de transporte público del área metropolitana deben cumplir un mínimo del 80% de flota accesible. Lo que hace que el sistema de transporte público de pasajeros este fragmentado en cuanto a la accesibilidad.
	Son insuficientes los criterios de género e inclusión en la contratación de la cadena laboral de la movilidad, desde las empresas que la planean, regulan, construyen y operan. Son pocas o débiles las convocatorias incluyentes para la inserción laboral de las mujeres, población OSIGD, población con discapacidad en el sector transporte y la movilidad, para incluirlas activamente en áreas técnicas, operativas y profesionales. Los grupos diversos permiten tomar acciones para mejorar la experiencia de las mujeres, desde un enfoque interseccional, en los modos de transporte y en la movilidad en general introduciendo un ecosistema seguro para todos y todas.
	La señalética y la señalización vial no está diseñada con enfoque de género, debido a que la reglamentación colombiana no lo exige y el manual de señalización vial vigente es del año 2015 (En proceso de actualización)
	Falta de conciencia de la ciudadanía y de las instituciones sobre el enfoque de género y diversidad para la articulación en temas de movilidad
	A lo largo de la cadena de desplazamientos, la Infraestructura cotidiana y de cuidado es débil. Son pocos los bancos para el descanso, que respondan a la diversidad de personas y cuerpos (personas mayores, infancia, madres lactantes, espacio para personas con silla de ruedas, etc.); baños públicos, mantenidos y seguros; no hay cambiadores para bebés y espacios de lactancia en la cadena de transporte.
	Para el acceso de información de planificación previa de desplazamientos en el transporte público dirigida a la población usuaria solo existe la app de Metrolínea que no cubre la totalidad del transporte. Para la población usuaria de bicicletas existe Biko, pero suele presentar problemas de conexión
	La aplicación del urbanismo táctico, en algunos casos ha sido impactada por el deterioro y se hace evidente la falta de mantenimiento a esas iniciativas.

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3. FACTORES INTERNOS FORTALEZAS

FORTALEZAS - F	
COMPONENTE	CONCLUSIÓN
Legal	La autoridad de transporte metropolitana cuenta con instrumentos de planificación que tienden a garantizar una debida articulación y complementariedad entre los diferentes modos de transporte, que pueden llevar a la estabilización del SITM
	El SITM cuenta con unas tarifas diferenciales, dirigidas a población sectorizada para población mayores, estudiantes, deportistas y personas en situación de discapacidad.

FORTALEZAS - F	
COMPONENTE	CONCLUSIÓN
Urbanismo	Girón y Piedecuesta presentan un porcentaje en área considerable de usos del suelo y tratamientos que pueden permitir el potencial desarrollo de proyectos orientados al transporte.
	Cada municipio posee sus propias potencialidades y expectativas de desarrollo que deben ser fortalecidas y consolidadas a través de conexiones e integración metropolitana.
Infraestructura	20 Km de ciclo infraestructura recientemente implementados.
Seguridad Vial	Bucaramanga tiene establecidos protocolos claros de recolección, procesamiento y análisis de información, lo que le permite emprender acciones basadas en la evidencia. También hace seguimiento y publica periódicamente las estadísticas de siniestralidad.
Transporte	Existencia del operador del Sistema Público de Bicicletas (CLOBI)
	Existe la oficina de la bicicleta y políticas que fomentan el uso de este medio dentro de los modos de transporte. Sus estrategias para fomentar la movilidad activa están dirigidas a diferentes grupos poblacionales, mujeres, población mayor, población infante, conductores y conductoras particulares y de servicio público.
Financiero	COP82.000 a COP161.000 millones (2020=100) por endeudamiento adicional de Bucaramanga para inversión en proyectos del sector
	COP81.000 a COP128.000 millones (2020=100) por endeudamiento adicional de Floridablanca para inversión en proyectos del sector
	COP75.000 a COP139.000 millones (2020=100) por endeudamiento adicional de Girón para inversión en proyectos del sector
	COP7.800 a COP54.000 millones (2020=100) por endeudamiento adicional de Piedecuesta para inversión en proyectos del sector
	Los municipios del AMB cuentan con una calificación de riesgo de crédito superior a A+, por lo que se puede asegurar la calidad de sus recursos para financiar los proyectos propuestos en el PMMM
Social	La política pública para el disfrute de la ciudad, derecho a una vida libre de violencias e igualdad de oportunidades para las mujeres en Bucaramanga 2021 - 2031, responde a diferentes aspectos de la movilidad de la ciudad con perspectiva de género y permitirá enlazar las acciones ya propuestas por el plan de acción de la política a las nuevas acciones y estrategias que proponga el PMMM en este sentido.
	En todos los instrumentos de planificación se tiene pensado la integración del transporte público, la movilidad activa y el peatón como eje central.
	En el área metropolitana existen diferentes mesas que trabajan en pro de la comunidad, se pueden articular espacios compartidos de forma periódica en razón de la movilidad con perspectiva de género
	Metrolínea es el único sistema que permite autonomía en el desplazamiento en sus corredores al contar con información física de recorridos (mapas) y apoyo de personal en caso de información.
	Existen proyectos de urbanismo táctico que fomentan la participación ciudadana.
	Las diferentes entidades encargadas de la movilidad tienen varios programas de seguridad vial y fortalezas en el tema, en cuanto a campañas de comunicación.
	Existe un Observatorio Metropolitano que actualmente integra datos de variables socioeconómicas, demográficas y ambientales

Fuente: Elaboración propia

TABLA 4. FACTORES EXTERNOS OPORTUNIDADES

OPORTUNIDADES - O	
COMPONENTE	CONCLUSIÓN
Urbanismo	Bucaramanga cuenta con un esquema institucional que permite hacer gestión a los diferentes componentes para motivar el uso de la bicicleta: Oficina de la bicicleta. Sin embargo, esta está enfocada en temas de campañas y promoción, y no en otros componentes importantes como planeación o infraestructura de la Bici.
	El modelo territorial metropolitano ofrece una oportunidad valiosa de fortalecer centralidades externas a Bucaramanga. DOTS en Floridablanca, Girón y Piedecuesta cobran relevancia metropolitana. 17.409 Ha de urbanización en el AMB.
	Planes, programas y proyectos de movilidad gestados a nivel municipal que tengan impacto positivo, tienen el potencial de ser evaluados para expandirlos a los demás municipios del AMB.
	Se tiene el potencial para promover el Desarrollo Orientado al Transporte que propenda por reducir viajes y su longitud, motive el uso de modos sostenibles y tome ventaja de zonas de potencial desarrollo.
Infraestructura	A pesar de que en el PMM del AMB concebía unas directrices para la estructuración de la red y su jerarquización, estas no consideran los usos de suelo ni las dinámicas territoriales.
	Existe el potencial para el desarrollo de "Calles Completas", donde la sección transversal incorpore claramente a todos los actores con espacios protegidos para garantizar su seguridad.
	Las intersecciones deben responder a una jerarquización vial, según la función asignada a cada corredor. Esta categorización debe considerar la solución cómoda para todos los actores viales, privilegiando a los modos sostenibles.
	Las franjas de amoblamiento urbano a lo largo de los corredores viales son espacios con gran potencial para zonas de encuentro y reverdecimiento de la ciudad.
Seguridad vial	Desde los instrumentos de planeación se reconoce que la pérdida de vidas, discapacidades y lesiones a causa de siniestros viales es un problema de salud pública evidente que requiere de acciones contundentes.
	No se cuenta aún, pero se tiene prevista la implementación de un sistema de georreferenciación de datos históricos de siniestralidad (solo Bucaramanga) que permita identificar con mayor precisión lugares críticos de siniestralidad para focalizar acciones geolocalizadas.
	Existe un Observatorio Metropolitano que podría incorporar datos de siniestralidad vial.
Transporte	Oportunidad de la renovación de flota de transporte público colectivo e individual hacia tecnologías limpias.
	Oportunidad de gestionar la organización y control institucional respecto a empresas de transporte público individual.
	Oportunidad de sanear y hacer reingeniería del Sistema Masivo.
	Reglamentación, verificación y control de cargue y descargue sobre vía pública.
	Integración del transporte público colectivo en todas las demás modalidades.
	Oportunidad de organizar zonas de carga en áreas con usos comerciales.
	Fomento de los medios sostenibles y alternativos en la movilidad.
	Formulación y articulación de los sistemas de estacionamientos en el área.
Social	Los recientes estudios de planificación de la movilidad realizados en Bucaramanga y en el AMB, en especial los que tienen que ver con movilidad activa (estrategia de la bicicleta 2020-2031- Género y Movilidad Activa, entre otros) proponen líneas estratégicas,

OPORTUNIDADES - O	
COMPONENTE	CONCLUSIÓN
	componentes y acciones que tiene que ver con la movilidad con perspectiva de género) que se pueden articular con la actualización o se pueden integrar o servir de base para integrarlos al PMMM
	Existe una cultura en el AMB para los procesos de participación ciudadana y diferentes mesas intersectoriales para la movilidad activa y grupos de participación con enfoque de género
	Existe una agenda pública de enfoque de género e inclusión social que reafirma la relevancia de incorporar este componente en la actualización del PMMM.
	Según los datos de información secundaria, las mujeres usan en mayor proporción el transporte público y realizan más caminatas (viajes poligonales), lo que hace que sean población clave para la movilidad sostenible.

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5. FACTORES EXTERNOS AMENAZAS

AMENAZAS - A	
COMPONENTE	CONCLUSIÓN
Legal	Existencia de un pasivo que se mantiene y va en aumento y puede afectar la estabilidad o continuidad del sistema.
Infraestructura	Restricciones de POTs de municipios, especialmente de Bucaramanga, respecto a las secciones transversales en vías arteriales muy enfocadas a flujo vehicular.
Seguridad Vial	De acuerdo con la tendencia de siniestralidad 2021, el AMB puede cerrar con el mayor número de muertes de los últimos 5 años
	El usuario que más se reporta como víctima en el AMB (lesionada o mortal) es el motociclista con más del 70% de los casos
	A cierre de 2021, el AMB no cumplirá las metas de reducción de mortalidad en siniestros de tránsito formulada en el Plan de Desarrollo 2020-2023 (Reducción tasa 10 a 9 muertes por cada 100.000 hab)
Transporte	Aumento del parque automotor de modos privados
	Aumento plataformas de transporte (UBER, CABIFY)
	Motorización en aumento, en especial de motocicletas
	No se cuenta con suficiente información por parte de las empresas de transporte público individual, especialmente de los municipios
	Uso de transporte informal por los ciudadanos en algunas zonas de la ciudad

Fuente: Elaboración propia

1.3. Problemáticas y objetivos

1.3.1. Problemáticas a partir del diagnóstico y trabajo con especialistas

Como se explicó en la sección 1.1, a partir del diagnóstico y el trabajo realizado se pudo identificar con el equipo de especialistas del equipo consultor unas problemáticas dentro del AMB, para cada una de las problemáticas se estructuraron objetivos que dan respuesta a la solución de la necesidad, los resultados generados por los diferentes componentes identificados en el estudio se presentan en las tablas que se muestran a continuación y se pueden observar en el **Anexo 02. DOFA_Objetivos**.

TABLA 6. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS Y SUS OBJETIVOS PARA EL COMPONENTE LEGAL E INSTITUCIONAL

LEGAL E INSTITUCIONAL	
PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS	OBJETIVO
Persisten problemas estructurales consignados en el PMMM 2010-2030 como la deficiencia y control en la vigilancia, debilidad técnica, débil coordinación institucional, marco normativo inadecuado, recursos limitados, reorganización del sistema de transporte público e intermunicipal para la coordinación del SITM; lo que puede llevar a que continúe en la vigencia del próximo PMMM – L1	Ejercicio de las competencias de autoridad de transporte con normativa clara, eficiente y coordinada con las autoridades locales para posicionar el SITM
Las medidas implementadas para atender el 100% de la demanda a través del SITM no han sido efectivas – L2	Regular, estabilizar y aumentar la cobertura el SITM con los demás modos de transporte del AMB.
No hay articulación municipal y metropolitana desde los instrumentos de planificación – L3	Articulación de los instrumentos de planificación locales con los metropolitanos
No se han determinado fuentes de recursos que cubra la implementación de sistemas de recaudo, control y gestión de flota en la complementariedad del TPC al SITM – L4	Mantener una prestación del servicio de transporte público que cumpla condiciones de eficiencia, calidad, comodidad y seguridad.
No se ha definido solución para atender la demanda de un operador del SITM, que actualmente no presta el servicio – L5	Velar por el cubrimiento permanente de las necesidades de movilización del territorio metropolitano.
No se ha adoptado el PEMOT para que sea vinculante y constituya un elemento de planificación metropolitana – L6	Contar con instrumentos de planificación metropolitanos que garanticen desarrollo de los municipios que conforman el AMB
Por el incremento continuo del déficit financiero, la prestación del servicio del SITM se encuentra en grave riesgo. – L7	Coordinación Institucional para adopción de decisiones que conlleve a la sostenibilidad financiera del Sistema de Transporte.
Ausencia de control en el cumplimiento de las normas de tránsito y transporte por ausencia de agentes de tránsito y/o convenios con la Policía Nacional – L8	Fortalecimiento Institucional de los organismos de tránsito de los municipios que conforman el AMB para el buen ejercicio de la autoridad de tránsito y transporte.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 7. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS Y SUS OBJETIVOS PARA EL COMPONENTE DE URBANISMO

URBANISMO	
PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS	OBJETIVO
La alta concentración de servicios urbanos en el municipio de Bucaramanga restringe la consolidación de los demás municipios del AMB como centralidades urbanas. – U1	Promover mediante los proyectos de transporte del PMMM los DOTS que permitan la descentralización de servicios urbanos en los demás municipios del AMB.
La oficina de la bicicleta no tiene la suficiente capacidad institucional para atender la planeación y ejecución de los proyectos de infraestructura para transporte no motorizado. – U2	Dar recursos a la oficina de la bicicleta para integrar un equipo técnico que soporte la planeación de infraestructura no motorizada en los municipios del AMB.
A excepción de Bucaramanga, los municipios del AMB no tienen completamente incorporada la visión metropolitana dentro de sus instrumentos de planeación, haciendo difícil la implementación de proyectos que sumen y consoliden a la construcción del Área Metropolitana. – U3	Realizar la actualización de los instrumentos de planeación de manera conjunta e integrada para todos los municipios del AMB.
En promedio, el 7% de la población del AMB sufre de algún tipo de discapacidad, quienes encuentran dificultades para el acceso autónomo, teniendo en la infraestructura vial y de transporte discontinuidad, barreras, anchos insuficientes, o falta de información para todos los grupos poblacionales. – U4	Garantizar el desplazamiento autónomo, seguro, sostenible y accesible de los diferentes grupos poblacionales en la red de movilidad del AMB
Las áreas de futuro desarrollo urbano de los municipios no están explícitamente asociadas a los desarrollos de transporte, lo cual reduce la posibilidad de ejecutar proyectos de Desarrollo Orientado al Transporte de manera integrada. – U5	Articular los nodos de la infraestructura de movilidad del AMB a Áreas de Expansión actualmente definidas en los instrumentos de planeación. Flexibilizar la normativa urbana en las áreas de influencia de los proyectos de movilidad del AMB.
No se evidencian proyectos en los municipios del AMB (Floridablanca, Girón y Piedecuesta) que propendan al fortalecimiento de su función como centralidad urbana del AMB. – U6	Promover mediante los proyectos de transporte del PMMM los DOTS que permitan la descentralización de servicios urbanos en los demás municipios del AMB.
La infraestructura planeada, aún no ejecutada, dispuesta en los distintos instrumentos de planeación evidencia un rezago en la ejecución de la infraestructura para el AMB. – U7	Priorizar y plantear el desarrollo de los proyectos actualmente planteados para su ejecución en el corto plazo. Garantizar la integración de los servicios urbanos con la infraestructura de movilidad. Promover la equidad en el uso y distribución del espacio público. Consolidar la Integración de los municipios del AMB.

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 8. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS Y SUS OBJETIVOS PARA EL COMPONENTE DE
INFRAESTRUCTURA**

INFRAESTRUCTURA	
PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS	OBJETIVO
Los instrumentos de planeación vigentes incentivan a través de la infraestructura propuesta los flujos vehiculares privados sobre los modos de transporte sostenibles. – 11	Promover los modos de transporte sostenibles: caminata, movilidad activa y transporte público
Poca articulación del sistema de movilidad con el entorno natural y construido – 12	a) Integrar el sistema de movilidad con la estructura ecológica. b) Integrar el sistema de movilidad con el entorno urbano.
El espacio público vial es priorizado para el tránsito vehicular / No hay una democratización del espacio vial. – 13	Promover la equidad en el uso y distribución del espacio público. b) Mejorar la calidad del servicio de transporte público.
La infraestructura para los modos no motorizado no brinda las mejores condiciones de oferta, seguridad ni calidad. – 14	Promover un Área Metropolitana amigable, accesible y conectada para los peatones y ciclistas.
En las zonas urbanas dentro del AMB hay una mezcla de flujos vehiculares de paso, con los de conectividad y accesibilidad, afectando con externalidades como congestión, siniestralidad o emisiones. No hay infraestructura que soporte o desvíe este tránsito de paso en la periferia de las zonas urbanas. – 15	a) Mejorar la conectividad del AMB con la red regional y nacional b) Mejorar la conectividad y accesibilidad entre las diferentes áreas urbanas del AMB.
Pocos corredores viales cuentan con franjas de amoblamiento que permitan la permeabilidad, generen sombras o agreguen valor paisajístico y zonas de disfrute seguro del espacio público. – 16	a) Integrar el sistema de movilidad con el entorno urbano. b) Promover un Área Metropolitana amigable, accesible y conectado para los peatones y ciclistas.
La infraestructura de conexión con la red de transporte público (paraderos, estaciones o terminales) no presta una cobertura completa de las zonas pobladas a distancias caminables. – 17	a) Formular la integración modal multidimensional en el AMB b) Mejorar la calidad del servicio de transporte público.
No se tiene un ciclo infraestructura (red y cicloparqueaderos) conectada, directa, cómoda, atractiva y segura. – 18	a) Promover un Área Metropolitana amigable, accesible y conectado para los peatones y ciclistas. b) Facilitar la integración modal.
Las intersecciones viales no responden a una jerarquización ni priorización de actores viales de acuerdo con la visión de incentivar modos activos. – 19	a) Promover un Área Metropolitana cómoda (Espacios con ancho y continuidad adecuados), accesible y conectado para los peatones y ciclistas. b) Mejorar la conectividad y accesibilidad entre las diferentes áreas urbanas del AMB.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 9. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS Y SUS OBJETIVOS PARA EL COMPONENTE DE SEGURIDAD VIAL

SEGURIDAD VIAL	
PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS	OBJETIVO
El comportamiento de fatalidades a causa de siniestros viales en 2021 indica una tendencia al alza, que podría resultar en el mayor número absoluto de muertes por esta causa en los últimos 6 años. – SV1	Adoptar el enfoque de la Visión Cero, para evitar las muertes, discapacidades y heridas graves causadas por siniestros de tránsito en el AMB.
Las tasas de mortalidad por cada 100.000 habitantes en los municipios del AMB (a excepción de Bucaramanga), superan las proyectadas en las metas de los instrumentos de planeación para 2023 (9 muertes por cada 100.000 hab) – SV2	Reformular las tasas de mortalidad como metas de seguimiento y comparación en el corto y mediano plazo, con una visión de aceptación cero de muertes en siniestros viales.
Los municipios del AMB no trabajan articuladamente la problemática de inseguridad vial; Bucaramanga tiene mayor capacidad técnica, tiene recursos, equipo dedicado a la gestión de datos y de la siniestralidad vial, ha formulado e implementa acciones en el marco de un PLSV, tiene recursos para ejercer el control-sanción, mientras que Floridablanca, Piedecuesta y Girón tienen dificultades en todos los aspectos citados. – SV3	Promover la articulación interinstitucional (del talento humano, recursos, bases de datos) para la gestión de la movilidad.
El uso de la motocicleta va en aumento y este usuario se consolida como el que más se siniestra, muere y resulta herido en las vías del AMB. A octubre de 2021 69% de los fallecidos y 77% de los lesionados a causa de siniestros viales en el AMB fueron motociclistas (86 vidas apagadas y 397 heridos) – SV4	Diseñar programas, planes y proyectos integrales, enfocados en mejorar la seguridad de este usuario.
No existe una base unificada, ni protocolos estandarizados para el procesamiento y análisis de información relevante y geolocalizada de siniestros viales en el AMB, tal que permita gestionar la problemática de siniestralidad vial, de manera más oportuna, continua, focalizada y basada en la evidencia. – SV5	Promover la integración de diferentes fuentes de información y el uso de los datos, para la toma de decisiones en materia de movilidad basadas en la evidencia.
No existe o no es clara la articulación interinstitucional para resolver de forma sistémica la problemática de siniestralidad vial a nivel del AMB – SV6	Promover el reconocimiento e interacción continua de Entidades y otros actores desde el contexto local de cada municipio del AMB hasta el nacional, identificando roles, capacidad de tomar decisiones, intereses, interrelaciones, responsabilidades y competencias en la gestión de la seguridad vial.
	Unificar y estandarizar las bases planas y georreferenciadas de datos de siniestralidad para todos los municipios del AMB.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 10. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS Y SUS OBJETIVOS PARA EL COMPONENTE DE TRANSPORTE

TRANSPORTE	
PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS	OBJETIVO
La baja demanda del transporte público (Se venía presentando un comportamiento a la baja, que adicionalmente por las contingencias provocadas por la	Mejorar la calidad del servicio de transporte público.

TRANSPORTE	
PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS	OBJETIVO
pandemia se vio acentuado) – T1	
Falta de cobertura del Transporte público, que promueve la aparición de transporte informal e ilegal – T2	Ampliar la cobertura del transporte público territorialmente que garantice la equidad de accesibilidad a la población
Falta y ausencia de infraestructura de terminales para las rutas de transporte colectivo, no garantizando las condiciones operativas de las rutas – T3	Mejorar la infraestructura de terminales de transporte que garanticen las condiciones operativas en la prestación del servicio
Ausencia de integración (Física, operativa y tarifaria) de los sistemas de transporte público dentro del AMB – T4	Formular la integración modal multidimensional en el AMB
Parcial funcionamiento operativo del Sistema Masivo (Falta de operadores) – T5	Definir la estructura funcional de operación del sistema masivo
La falta de información sobre cifras de evasión impide que se tomen medidas para combatirla – T6	Establecer metodologías que permitan obtener cifras de evasión y métodos de control
Aunque existe la normatividad para la renovación de flota hacia tecnologías limpias, no se ha comenzado a implementar – T7	Reducir las emisiones que generan los vehículos de transporte público a partir de la implementación de tecnologías limpias
Faltan zonas autorizadas para el cargue y descargue sobre vía pública – T8	Identificar puntos estratégicos sobre vía pública, donde se puedan implementar zonas autorizadas para el cargue y descargue de mercancías que cuenten con especificaciones y demarcación adecuadas
Falta de articulación de planeación de transporte a nivel metropolitano – T9	
Aumento de parque automotor (Motocicletas/automóviles) incide en altos niveles de congestión de corredores principales – T10	Crear conciencia en la ciudadanía sobre el uso del transporte particular
Carencia de zonas para estacionamiento de taxis – T11	Implementar zonas autorizadas y demarcadas para el parqueo de taxis
Falta de articulación, organización, control del transporte público individual a nivel del AMB – T12	Reorganizar el transporte público individual en el AMB
Falta de organización del transporte de carga – T13	Desarrollar estrategias que permitan la reestructuración del transporte de carga en el AMB
Ausencia y necesidad de mejoras en el uso de herramientas tecnológicas	Implementación de movilidad inteligente

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 11. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS Y SUS OBJETIVOS PARA EL COMPONENTE SOCIAL

SOCIAL	
PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS	OBJETIVO
La informalidad y la falta de rutas oficiales para el transporte rural constituye un escenario inseguro que impacta la autonomía de las mujeres en el ejercicio de su movilidad cotidiana. – S1	Aumentar la cobertura del Sistema público de pasajeros incluyendo el sector rural

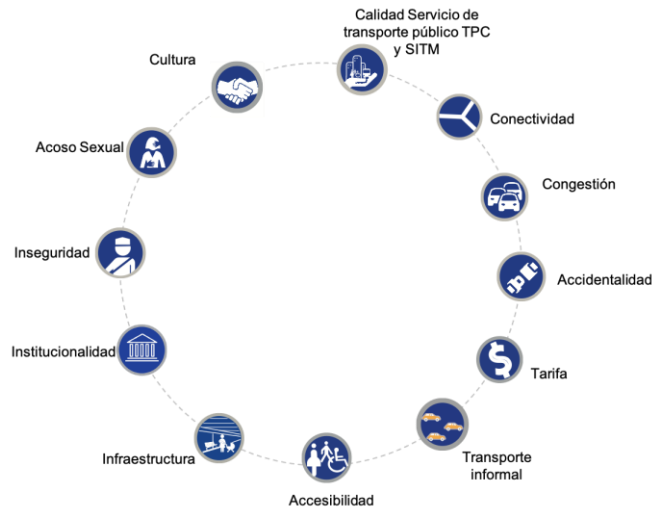
SOCIAL	
PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS	OBJETIVO
No existen dentro del espacio público ni en la red de movilidad mecanismos de alerta ni físicos ni virtuales para casos de violencia de género – S2	Mejorar las condiciones de seguridad para la operación del Sistema público de pasajeros
El progresivo envejecimiento de la población de los 4 municipios del área metropolitana. – S3	Garantizar el desplazamiento autónomo, seguro, sostenible y accesible de los diferentes grupos poblacionales en la red de movilidad del AMB
Brechas entre hombres y mujeres en temas de empleabilidad en la cadena laboral de la movilidad, desde las empresas que la planean, regulan, construyen y operan. – S4	Aumentar la participación laboral de grupos diversos en la cadena laboral de la movilidad, desde las empresas que la planean, regulan, construyen y operan.
Desconocimiento general de protocolos de atención y activación de rutas para denuncia ante casos de violencia sexual (VBG) como el acoso callejero en la red de movilidad. – S5	Fortalecer la divulgación de protocolos y líneas de atención de denuncia ante casos de violencia sexual en la red de movilidad
El robo de luminarias, el deterioro de los espacios físicos afecta la libre circulación nocturna e impacta la seguridad de todos y todas, propiciando que el desplazamiento por las ciudades se perciba inseguro – S6	Reforzar la seguridad y el mantenimiento de los espacios físicos de la red de movilidad
Falta de recolección de datos con enfoque de género e interseccional para entender mejor la movilidad de las comunidades en el área metropolitana – S7	Integrar el enfoque de género e interseccional a los instrumentos de recolección de datos para el análisis de la movilidad
	Transversalizar el enfoque de género e interseccional en la planeación e implementación del plan de movilidad del AMB
	Propiciar la participación ciudadana en las decisiones de planeación de la movilidad
	Promover los modos de transporte sostenibles: caminata, movilidad activa y transporte público

Fuente: Elaboración propia.

1.3.2. Problemáticas identificadas en las jornadas de participación con la Comunidad

Como mencionamos en el proceso de sistematización de la información de las jornadas de participación (**Anexo 01. Jornadas de participación**), se reconocieron las siguientes palabras claves para clasificar las problemáticas enunciadas por la comunidad:

FIGURA 10. PALABRAS CLAVES PARA CLASIFICACIÓN DE PROBLEMÁTICAS



Fuente: Elaboración propia.

TABLA 12. PROBLEMÁTICAS POR GRUPOS

GREMIOS					
INSEGURIDAD	INSTITUCIONALIDAD	TRANSPORTE INFORMAL	CONGESTIÓN	CALIDAD SERVICIO DE TPC Y SITM	CULTURA
Inseguridad	Articulación y falta de estabilidad política en el AMB	Informalidad (S1-T2)	Congestión (T10)	Lentitud (T3-T4-T5) Cobertura - Horarios no adecuados con las necesidades de los trabajadores (producción en la mañana y nocturnos) (T) Falta tecnología (T)	Cultura vial (SV-L-S)

TRANSPORTADORES TPC Y MIXTO				
CONECTIVIDAD	INSTITUCIONALIDAD	TRANSPORTE INFORMAL	CONGESTIÓN	CALIDAD SERVICIO DE TPC Y SITM
Falta de infraestructura vial (I6-U7) Conectividad de las vías y los municipios deficiente (I6)	Regulación de pico y placa Falta de políticas claras sobre el transporte (L1) Falta de compromiso de las autoridades viales con la movilidad (L1)	Transporte informal (S1-T2)	Congestión vehicular, por la gran cantidad de parque automotor	Mal diseño de rutas tanto del transporte colectivo como del masivo (T) Sistema de transporte masivo NO sostenible (L7)

TAXIS							
Institucionalidad	Infraestructura	Transporte informal	Accidentalidad	Congestión	Conectividad	Calidad Servicio	Cultura
Falta de control de transporte informal (T-L) Falta de control en la invasión del espacio público	Semaforización (I-T) Reducción de la vía por ciclorruta y mal utilizada, subutilizada y mal diseñada (L-I-U)	Informalidad (S1-T2)	Accidentalidad (SV4-SV2)	Embotellamiento	Falta de conectividad	Falta de rutas de transporte público (T2) Plataformas tecnológicas de transporte devaluaron los taxis	Falta de conciencia ciudadana (SV-L_S)

EXPERTOS UNIVERSIDADES						
INSEGURIDAD	INFRAESTRUCTURA	CONGESTIÓN	INSTITUCIONALIDAD	CONECTIVIDAD	CALIDAD SERVICIO DE TPC Y SITM	CULTURA
Inseguridad	Semaforización (I-T) Distribución inequitativa del espacio vial (I3-U)	Alta motorización y accidentalidad	Desconocimiento de la ingeniería de tránsito Falta una política uniforme para toda el área. Ejem (pico y placa). (L1) Problema cupo taxis (T) Legislación vial y control (L1) Pasar funciones de transporte al AMB	Casco Antiguo B/manga encerrado.	Falta de rutas de transporte público (T2-T4-T5) Tiempos de viaje altos para distancias relativamente cortas - Deficiente transporte público (T3-T4-T5)	Falta de educación vial (SV-L-S) No hay respeto de las normas de tránsito principalmente por parte de conductores de vehículos a motor y esto genera inseguridad y congestión al movilizarse. (SV-L-S)

DEPENDENCIAS PRENSA			
Institucionalidad	Congestión	Calidad Servicio de TPC y SITM	Cultura
Estacionamiento indebido de vehículo	Alto flujo vehicular	Que los buses de Metrolínea no ingresan al casco antiguo de Floridablanca (T2-T4-T5)	Incultura ciudadana (SV-L-S)

METROLÍNEA				
Inseguridad	Transporte informal	Congestión	Conectividad	Calidad Servicio de TPC y SITM
Inseguridad y desorden para los usuarios	Proliferación de transporte informal (S1-T2)	Crecimiento del parque automotor	Baja capacidad en infraestructura vial	En particular solo se tiene un operador (T5) Bajo número de buses y el servicio (T5) A nivel mundial caída de usuarios por la pandemia (T1)

AUTORIDADES NACIONALES				
Cultura	Transporte informal	Conectividad	Institucionalidad	Calidad Servicio de TPC y SITM
Respeto al carril preferencial (SV-L-S)	El transporte informal, ilegal y mototaxismo. (S1-T2)	Mayor integración con los municipios del AMB (I6)	Falta de autoridad (L1) Priorización de modos (I3) Ausencia coordinación institucional (L1)	Gestión de demanda (T2-T4-T5) Financiamiento (L4) Falta de cobertura del transporte público (T2) Caída de la demanda, respecto a su estructuración es iniciales. (T1) Medios de pago (T4)

TÉCNICOS INFRAESTRUCTURA-PLANEACIÓN		
Institucionalidad	Transporte informal	Conectividad
Respeto al carril preferencial (SV-L-S)	El transporte informal, ilegal y mototaxismo. (S1-T2)	Mayor integración con los municipios del AMB (I6)

OFICINA DE MUJERES Y DE GÉNERO					
Tarifa	Inseguridad	Accesibilidad	Acoso sexual	Calidad Servicio de TPC y SITM	Cultura
Tarifas del transporte no accesibles para la mayoría de las mujeres	Inseguridad Poca luminosidad en los espacios públicos (S6-D)	No hay transporte y andenes accesibles para las mujeres con discapacidad y las mujeres con coches infantiles (I5-SD)	Acoso sexual hacia las mujeres. (S2-S5) No hay acceso a lugares para la ruta de atención a la violencia y acoso en el transporte público. (S2-S5) No hay capacitación para los conductores en materia de seguridad (S2-S5)	Demora del transporte público Oferta de transporte centrada para la ciudad y no para las zonas rurales. Falta de rutas urbanas	Falta de inteligencia vial- No existe respeto por las señales de tránsito (SV-L-S)

MUJERES								
Congestión	Acoso sexual	Inseguridad	Calidad Servicio de TPC y SITM	Infraestructura	Institucionalidad	Accesibilidad	Tarifa	Cultura
Trancones	Acoso sexual hacia las mujeres en medios de transporte Y espacios públicos (S2-S5)	Inseguridad y robos constantes Falta de iluminación (S6-D)	Falta de transporte escolar en las zonas rurales (T2) Mejorar frecuencia de paso del transporte público en la zona rural (T2-S1)	Vías angostas, falta de vías (I-T)	Falta de planificación (T9) Falta de autoridad competente y vigilancia y control (L1)	Falta de accesibilidad para personas con discapacidad y mujeres mayores (I5-SD)	Alto costo de pasajes urbanos	Falta de cultura vial y cultura ciudadana - respetos de pasos peatonales (SV-L-S)

POBLACIÓN MIGRANTE - COMUNIDADES ÉTNICAS Y VÍCTIMAS DE VIOLENCIA				
Accesibilidad	Accidentalidad	Congestión	Calidad Servicio de TPC y SITM	Cultura
Anden angosto para coches con niños (I5-SD)	Brusquedad en transporte público al arrancar (T)	Trancones	Transporte de mala calidad (T2-T4-T5) Largas caminatas para tomar el transporte público y bus lento (T2)	No respetan al peatón (SV-L-S)

Fuente: Elaboración propia (Anexo 01. Jornadas de participación)

1.3.3. Objetivos

FIGURA 11. PROCESO CONSTRUCCIÓN OBJETIVOS



Fuente: Elaboración propia a partir de Manual de Soporte Conceptual MGA, DNP; Seminario Formulación de Proyectos, ING. Daniel Salazar Ferro, 2019

En la Figura 11 se aprecia el proceso para la construcción de los objetivos generales, el cual parte de la identificación de problemáticas de manera conjunta entre el diagnóstico y la participación de grupos focales, donde estas se convierten en positivas mediante la generación de objetivos que van a ser finalmente en la etapa de formulación, apoyados en estrategias para la determinación de programas y proyectos. Los objetivos principales que desarrollara el plan son los siguientes:

- Articular los **instrumentos de planificación** locales con los metropolitanos
- Garantizar el **desplazamiento autónomo y accesible** de los diferentes grupos poblacionales en la red de movilidad del AMB
- Integrar el **sistema de movilidad con la estructura ecológica y el entorno urbano y sus servicios.**
- Lograr la **competitividad del transporte público** frente a otros modos de transporte
- **Integrar modal y multidimensionalmente** la movilidad en el AMB

- Adoptar el enfoque de la **Visión Cero** para evitar las muertes, discapacidades y heridas graves causadas por siniestros de tránsito en el AMB.
- **Articular la institucionalidad** para la gestión de la movilidad segura e incluyente
- Mejorar la **competitividad regional del AMB** (Carga y Mixto)
- **Implementar la movilidad inteligente**
- **Aumentar el uso de los modos de transporte sostenibles:** caminata y movilidad activa
- **Desestimular el uso del vehículo particular**

1.4. Visión

1.4.1. Socialización y ajustes

Se llevó a cabo un taller de socialización donde participaron funcionarios del Área Metropolitana, Findeter y alcaldía de Bucaramanga con quienes se realizaron dos actividades por medio de un aplicativo virtual, a través del cual se consolidó la información suministrada por ellos respecto a dos ejercicios principales para este proceso, los cuales fueron:

- Identificación de problemáticas en el AMB
- Palabras claves a consideración propia que deberían contener la visión de la actualización del PMMM del AMB.

Los resultados obtenidos de estos dos ejercicios se unificaron y fueron complementados con el trabajo que se desarrolló en las actividades con la comunidad y especialistas.

El primer ejercicio planteado permitió identificar las problemáticas que perciben los funcionarios en el AMB, entre las cuales se tienen: evasión, deficiencia en el control vial, incumplimiento de normas, logística de carga, inseguridad, control, cultura ciudadana, accesibilidad en el transporte, infraestructura, congestión, transporte público deficiente, invasión del espacio público, ilegalidad, cobertura, entre otras problemáticas más, esto se puede apreciar en la siguiente figura.

FIGURA 12. PROBLEMÁTICAS REPRESENTATIVAS AMB



Fuente: Elaboración propia, obtenido a partir de actividad socialización

El segundo ejercicio, en virtud del conocimiento y acercamiento que tienen los funcionarios al AMB, fue planteado para obtener las palabras claves a consideración propia de lo que se debería tener en cuenta en la visión del PMMM, algunas de estas fueron: Ciudadanía,

personas, seguridad, cultura, educación, accesibilidad, peatón, transporte público, gobernanza, metropolitana, sostenible, cohesión y conectividad, de igual manera se pueden apreciar de manera detallada en la siguiente figura.

FIGURA 13. PALABRAS CLAVE VISIÓN



Fuente: Elaboración propia, obtenido a partir de actividad socialización


Este segundo ejercicio se realizó con el objetivo de traslapar estas consideraciones nuevas, con la visión planteada por el equipo consultor, el cual está estructurado según problemáticas, objetivos y consideraciones que presentó la comunidad en las Jornadas de Participación. Y con esta socialización, se procedió a analizar y reestructurar el modelo de visión, para lograr en conjunto la visión definitiva de acuerdo con todo lo recopilado.

1.4.2. Construcción Visión

Para el planteamiento de la visión, el equipo consultor realizó una serie de talleres y actividades entre los especialistas y participantes del proyecto para poder construir un elemento que diera cabida a todos los actores y elementos del AMB, como bien se sabe (Manual de Soporte Conceptual MGA, DNP; Seminario Formulación de Proyectos, ING. Daniel Salazar Ferro, 2019; Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos, PMI, 2017), la visión busca plantear un reto o sueño a futuro, que se debe caracterizar porque es formulado en un tiempo determinado, ser alcanzable y realizable, partiendo de unas preguntas orientadoras a las cuales se les debe dar respuesta y que se pueden apreciar en la Figura 14.

FIGURA 14. CONSTRUCCIÓN VISIÓN

Visión



Planteamiento de un sueño o reto futuro, **determina cuál deberá ser la contribución** de la organización

Debe formularse en un **tiempo determinado, ser alcanzable y realizable.** Se desarrolla respondiendo a las preguntas:

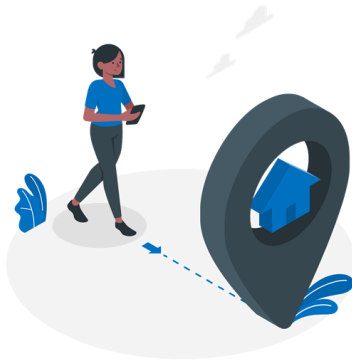
**¿Qué queremos ser?
¿Qué queremos hacer?
¿Cómo pensamos hacerlo?**

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta esto y atendiendo las observaciones y ajustes dentro del espacio de socialización que se llevó a cabo durante el día 17 de diciembre con los funcionarios del

AMB, FINDETER y la Alcaldía de Bucaramanga, se determinó la visión para el PMMM y que se presenta en la Figura 15.

FIGURA 15. VISIÓN PMMM

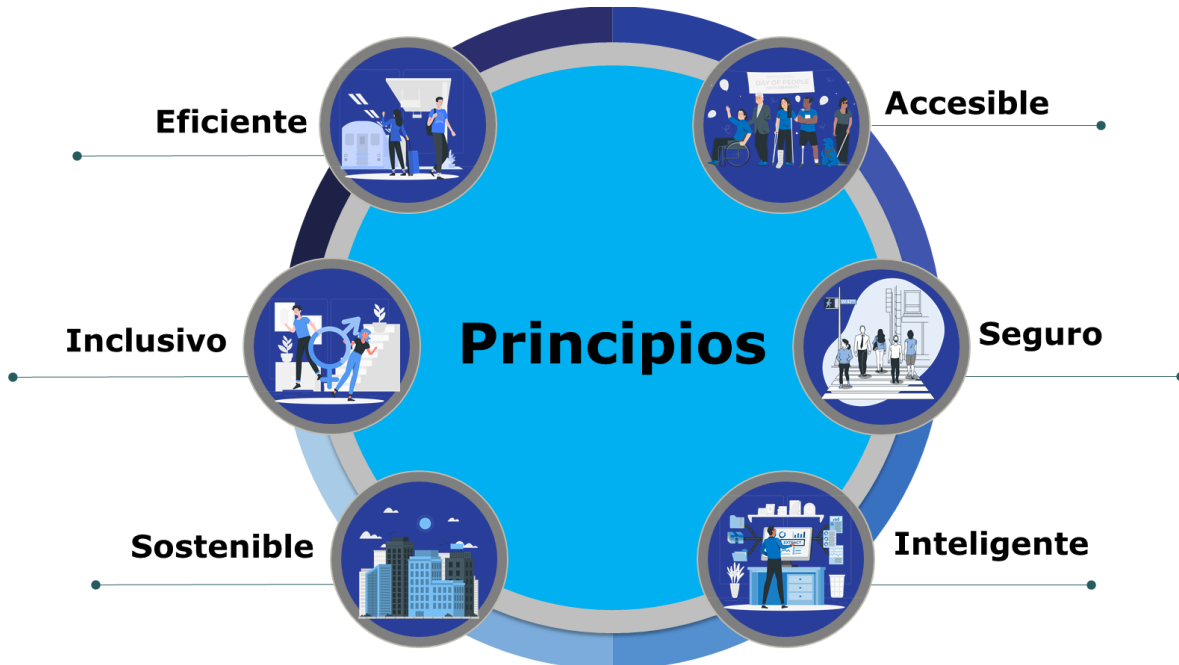


Al 2037, el AMB se **caracterizará por una movilidad que contribuya a desarrollar, compactar, mezclar, consolidar y conectar el territorio metropolitano**, diferenciando el potencial y vocación de cada municipio. Su sistema de movilidad será **accesible, seguro, eficiente, inclusivo, inteligente y sostenible**, contará con instituciones interconectadas e informadas y colectivos ciudadanos participantes sensibilizados en cultura vial.

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente a esto, la visión va de la mano y complementada con el desarrollo y establecimiento de una serie de principios que se pueden apreciar en la Figura 16 y que se explican a continuación:

FIGURA 16. PRINCIPIOS PMMM



Fuente: Elaboración propia

Accesible: Democratización del espacio público - accesibilidad.

Segura: Sin pérdida de vidas humanas asociadas a la movilidad - seguridad al moverse en el espacio público.

Inteligente: Utilizar las nuevas tecnologías para diagnosticar, planear y mejorar las condiciones de movilidad en el territorio.

Eficiente: Uso adecuado de la infraestructura mediante la interacción de los diferentes modos de transporte, dando prioridad a la movilidad activa dentro del AMB.

Inclusiva: Incorporar el enfoque de género, diferencial, interseccional y territorial para la igualdad de oportunidades laborales, accesibilidad y la autonomía en la cadena de la movilidad del AMB e impulsar la participación ciudadana en las distintas fases del plan y en la implementación de los proyectos.

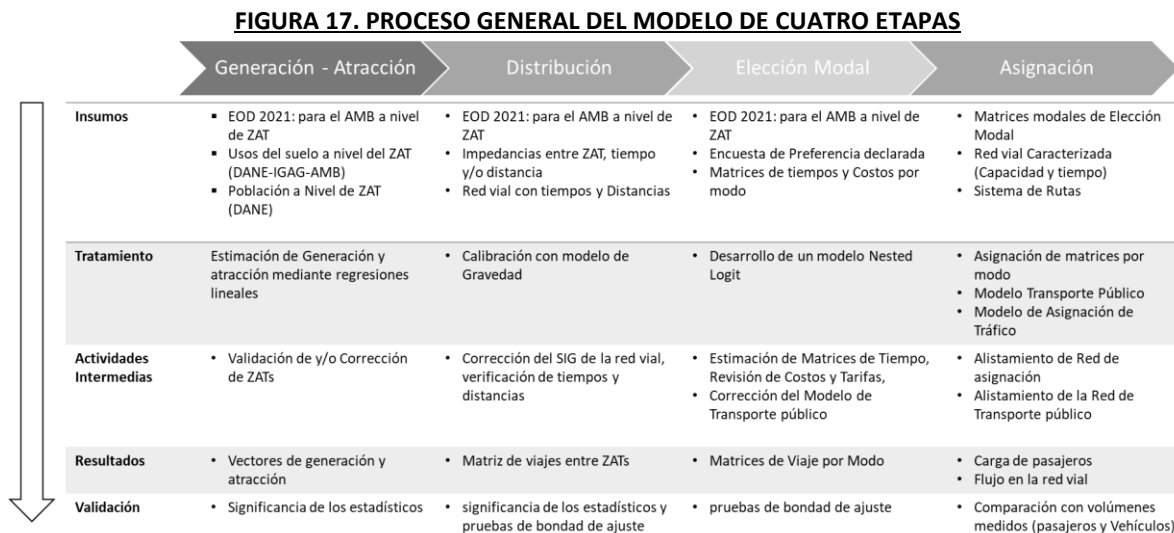
Sostenible: Promoción de modos sostenibles - mitigación de emisiones.

2. Modelo

En el desarrollo de este capítulo, en el capítulo 2.1 se presenta el flujo general del desarrollo del modelo, seguido de la descripción particular de cada una de las etapas, en el 2.2 se presenta la preparación de información para el modelo, como construcción de Zonas de Análisis de Transporte, red vial y red de Transporte público y en el capítulo 2.3 se describe el proceso de calibración de la etapa de asignación y sus resultados.

2.1. Metodología para la construcción del modelo de Cuatro etapas

El modelo de cuatro etapas supone la construcción segmentada de los patrones de viajes en magnitud, relación zonal, escogencia de modos y uso de la infraestructura y la oferta de transporte para la cual se adelantan procedimientos relacionados que concluyen con la representación de los flujos que se producen con dichos viajes. El proceso por desarrollar en la modelación desde la consecución de la información hasta los resultados se resume en la siguiente figura:



Fuente: Elaboración propia

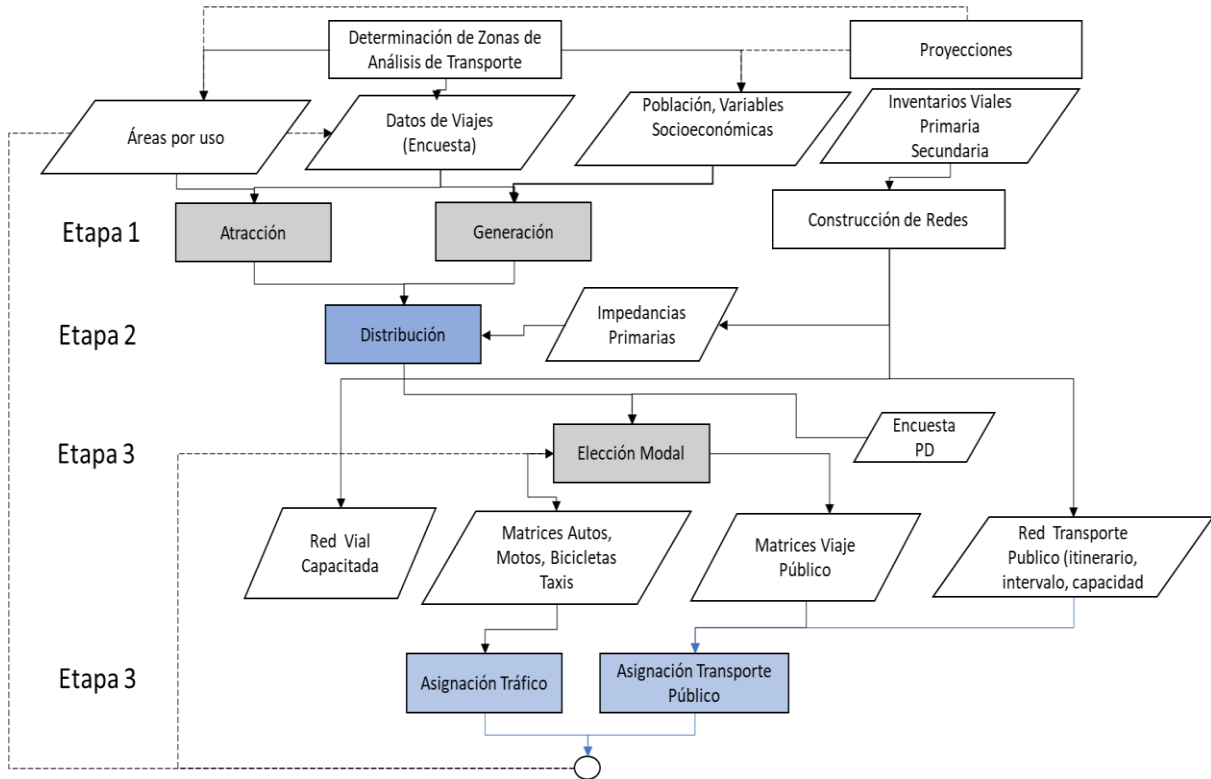
Las 4 etapas del modelo, aunque se relacionan con su etapa predecesora, pueden operarse de manera independiente, pero es conveniente integrar las etapas bajo un mismo ambiente que permita mantener el orden y la relación de la información, para ello se propone desarrollar dentro de la Herramienta Transcad un subprograma que permita su fácil operación.

El modelo clásico de 4 etapas inicia con el reconocimiento de las redes de transporte, bien se la oferta vial y/o la oferta de transporte público, con la identificación y delimitación de las zonas de análisis de transporte (ZAT) y la medición de los viajes. También dentro de estos pasos previos esta la identificación de los usos del suelo, la población y cualquier otra variable que pueda explicar el comportamiento de los viajes.

La etapa 1 del modelo, buscar explicar la magnitud de los viajes generados y atraídos por cada ZAT mediante variables explicativas como población usos de suelo propiedad

vehicular ingresos etc. En la etapa 2, Distribución, se determinan los viajes a nivel de pares O-D, y suele usarse un modelo de gravedad que explique la relación de viaje entre zonas. En la etapa 3, normalmente con la ayuda de encuestas de preferencia declarada se obtienen la partición de los viajes por modo, identificando las preferencias modales ajenas al costo y el tiempo. Finalmente, en la etapa de Asignación, se determinan los flujos de vehículos y pasajeros a partir de modelos específicos que buscan optimizar el costo general de los viajes, considerando restricciones de capacidad.

FIGURA 18. FLUJOGRAMA DEL MODELO DE CUATRO ETAPAS



Fuente: Elaboración propia

2.1.1. Etapa de Generación – Atracción

En la primera etapa se estima el número de viajes generados y atraídos por cada una de las ZATs en estudio, para la consecución de las tasas de generación y atracción se realizan regresiones lineales teniendo como variables dependientes los viajes generados y atraídos por cada ZAT y como variables independientes la población otras variables socioeconómicas y las áreas por uso de suelo en cada ZAT.

Para la generación la ecuación suele tener la siguiente estructura

$$G_{i-k} = c_{kp} \times P_{ob_i} + \dots + c_{kn} \times V_{ni} \quad \text{Ecuación 1}$$

G_{i-k} = Generación de la ZAT i para el motivo K.

C_{kp} = coeficiente de generación para el motivo k para población.

P_{ob_i} = Población de la ZAT i.

C_{kp} = coeficiente de generación para el motivo k para la variable socioeconómica n

V_{ni} = Variable socioeconómica N de la ZAT i.

En cuanto a la atracción la forma regular es

$$A_{i-k} = c_{1i} \times A_{1i} + \dots + c_{ni} \times A_{ni} \quad \text{Ecuación 2}$$

G_{i-k} = Atracción de la ZAT i para el motivo K.

C_{1i} = coeficiente de atracción para el motivo k por el Uso 1 en la ZAT i

A_{1i} = área del uso 1 en la ZAT i.

C_{ni} = coeficiente de atracción para el motivo k por el Uso n en la ZAT i.

A_{ni} = área del uso n en la ZAT i.

2.1.2. Modelo de Distribución

El modelo de distribución tiene por objeto establecer la magnitud de viajes ente orígenes y destinos a partir de los vectores de generación y atracción. Para este fin, se usa un modelo de gravedad que permita estimar la sensibilidad de los viajes en el AMB ante distintas características. Los modelos gravitacionales históricamente se han estructurado para determinar las dinámicas entre un par origen – destino en el contexto del comercio internacional (Tinbergen, 1966). A partir de estos se pretende encontrar cuáles son las variables relevantes que explican el comercio entre dos países. Tradicionalmente, estos modelos que tienen un carácter esencialmente empírico y se han estructurado de la siguiente forma

- La variable dependiente es el flujo de comercio entre el país i y el país j
- Las variables independientes son de “atracción”
- La distancia entre el origen y el destino (proxy de los costos de transporte)
- El producto del PIB entre el origen i y el destino j
- El producto del PIB per cápita entre los pares de origen – destino
- El producto del área
- Composición sectorial

Este tipo de modelos pueden ser adaptado a contextos urbanos, con otro tipo de variables de atracción, que puedan explicar los motivos de viaje. Debido a la connotación de los sistemas urbanos, las posibilidades de viaje son diversas y complejas (Willumsen, 2014). Usualmente, los polos atractores de viajes en la ciudad tienen que ver con puestos de trabajo, centros industriales y comerciales, centros de salud y educativos, que concentran la gran mayoría de interacciones. En este sentido, las ecuaciones gravitacionales básicas, representan la variable dependiente como la contracción vectorial de la matriz de viajes según origen – destino, en función de una variable de impedancia (longitud de red, costos de transporte, tiempo de viaje, etc.), y el producto de variables de atracción (población, empleo, educación, etc.) (de Grange, Troncoso, Ibeas, & González, 2009).

El modelo de gravedad relaciona explícitamente los flujos entre zonas a impedancia interzonales para viajar. La suposición detrás del modelo de gravedad es que el número de viajes producidos por la zona i y atraídos por la zona j es proporcional a:

- El número de viajes producidos por la zona i
- El número de viajes atraídos a la zona j
- Una función (a menudo llamada función de impedancia) de la separación espacial relativa o impedancia entre las zonas

El modelo de gravedad puede restringirse individualmente a producciones o atracciones o doblemente limitado tanto a producciones como a atracciones. En una gravedad limitada modelo, el flujo entre zonas se calcula a partir de una de las siguientes ecuaciones, dependiendo de si el equilibrio se limita a producciones o atracciones:

Limitación por Producción

$$T_{ij} = G_i \frac{A_j \times f(d_{ij})}{\sum_z A_z \times f(d_{iz})}$$

Ecuación 3

Limitación por Atracción

$$T_{ij} = A_j \frac{G_i \times f(d_{ij})}{\sum_z G_z \times f(d_{zi})}$$

Ecuación 4

Donde:

T_{ij} = Viajes entre Generados en zona i y atraídos por la zona j

G_i = Viajes generado en zona i

A_i = Viajes atraídos por la zona j

A_z = Viajes atraídos por zona z (de la zona 1 a la z)

G_z = Viajes generados por zona z (de la zona 1 a la z)

$F(d_{ij})$ = Factor de fricción entre zona i y zona j

$F(d_{iz})$ = Factor de fricción entre zona i y zona z

$F(d_{zj})$ = Factor de fricción entre zona z y zona i

D_{ij} = impedancia entre zona i y zona j

D_{iz} = impedancia entre zona i y zona z

D_{zj} = impedancia entre zona z y zona j

Ahora bien, el factor de fricción o impedancia suele tener forma exponencial, potencial inversa o combinada (Gamma).

Exponencial: $f(d_{ij}) = e^{-c \cdot (d_{ij})}$

Ecuación 5

Potencial inverso: $f(d_{ij}) = d_{ij}^{-b}$ Ecuación 6

Gamma: $f(d_{ij}) = a \cdot d_{ij}^{-b} e^{-c \cdot (d_{ij})}$ Ecuación 7

Donde:

a, b, c = Parámetros de ajuste de las funciones

2.1.3. Elección Modal

El modelo elección o partición modal, busca determinar los factores que influyen en la escogencia del modo para viajar, que en general se agrupan en tres categorías:

Característica del Viajero: Normalmente asociados a su condición socioeconómica, que puede incluir propiedad vehicular, ingresos localización de vivienda.

Características del viaje: El motivo del viaje suele influenciar la elección del modo como por ejemplo ir al trabajo con restricciones de acceso a estacionamiento, la hora la regularidad etc.

Características del modo de transporte: en esta se agrupas aspectos medibles como el tiempo y el costo y aspecto cualitativos como Comodidad, seguridad, gusto, etc.

Estas características se decantan en el modelo de elección normalmente con el uso de un modelo Logit.

En términos teóricos y sobre la base metodológica que se estima el modelo, el ejercicio hipotético plantea la elección de un único modo entre una gran cantidad de alternativas, por lo que la función de utilidad del individuo no depende de una decisión dicotómica sino multinomial. La función de utilidad asociada con este tipo de decisiones múltiples mutuamente excluyentes y en las que el orden de las alternativas es irrelevante, se denomina “el modelo de utilidad aleatoria aditiva” y se expresa en la siguiente ecuación:

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad \text{Ecuación 8}$$

En donde:

U_{ij} : es la función de utilidad asociada al individuo “i” para la alternativa seleccionada “j”.

V_{ij} : Componente determinístico que depende de los regresores del modelo y parámetros desconocidos.

ε_{ij} : componente de efectos aleatorios no observados.

Este planteamiento permite enlazar los principios de la teoría microeconómica clásica, en la que la función de demanda indirecta se puede derivar de la maximización de la función de utilidad, sujeta a una restricción presupuestal, y que se expresa en función del precio de la canasta de bienes del consumidor, en este caso, del transporte. (Cameron & Trivedi, 2009) El marco econométrico empleado para la estimación de estos modelos se realiza bajo los modelos logísticos multinomiales, que son una generalización del modelo

dicotómico de la función logística. Estos modelos en su versión más general permiten capturar los siguientes efectos:

La función logística multinomial abre la posibilidad de elegir una opción entre “n” alternativas discretas.

La especificación del modelo depende de la naturaleza de las variables explicativas, que se agrupan de dos formas:

Regresores específicos al individuo: se refiere a las variables que no dependen de la decisión del agente y permanecen constantes, tales como el sexo, ingresos, nivel educativo, etc.

Regresores específicos a las alternativas: El costo de cada modo y el tiempo de viaje, se constituyen en las variables determinísticas de cada alternativa, planteadas en los escenarios hipotéticos del ejercicio de preferencias declaradas.

Cuando el modelo multinomial que se pretende estimar tiene al menos una variable que contenga un regresor específico a las alternativas hipotéticas planteadas, se denomina “Logit Condicional” o “Logit Mixto”. La forma funcional específica de este modelo se expresa a continuación:

$$p_{ij} = \frac{e^{(x'_{ij}\beta + z'_i\gamma_j)}}{\sum_{l=1}^m e^{(x'_{il}\beta + z'_i\gamma_l)}} \quad \text{Ecuación 9}$$

En donde:

x_{ij} : representa los regresores específicos a cada alternativa, para este caso, costo y tiempo para los distintos modos (**Características medibles del Modo**)

z_{ij} : representa los regresores específicos de cada individuo (grupo de ingreso, edad, sexo, etc. (**Características del viajero**))

γ_j : Coeficiente del modo (**Características cualitativas del modo**) uno de los coeficientes debe fijarse en cero, para evitar la “trampa de la variable dicótoma”².

La probabilidad condicionada de elegir alguna alternativa se supone independiente de las demás, por lo que esta especificación supone, lo que se denomina en la literatura como la “independencia de alternativas irrelevantes”.

Con el fin de capturar los coeficientes relevantes por las **características del viaje** que se recrearan en el modelo de transporte, se suele estimar modelos para los motivos de viajes “Trabajo”, “Estudio”, “Otros”, etc.,

2.1.4. Modelo de asignación

En esta etapa, las demandas por origen – destino (Matriciales), se vuelven flujos sobre la oferta de transporte bien sea la red vial o el transporte sistema público, siendo así necesario modelar dos demandas la primera de tráfico y la segunda de pasajeros.

² Fenómeno econométrico en el que se especifican tantas variables como categorías cuando estas son discretas, por lo que se puede generar un vector completo de 1, con lo que se generaría multicolinealidad perfecta y no se podría estimar el modelo.

2.1.4.1. Asignación de Tráfico

Los modelos de asignación de tráfico tienen como finalidad estimar los flujos que circulan por una red vial para unas condiciones de oferta y demanda establecidas. La demanda está asociada a los viajes que se quieren asignar y de los cuales se conoce su origen, su destino y por supuesto el tipo de demanda (autos, motos camiones); ahora bien, dado que los tipos de demanda producen diferentes efectos sobre una vía, es indispensable llevar todos los tipos de demanda que se tengan a un tipo equivalente que pueda ser asignado de manera única a una red que tiene unas condiciones de capacidad y tiempo. La manera de conjugar todos los elementos es mediante una asignación de tráfico multimodal en la cual se pueden especificar las equivalencias de las demandas por tipo de vehículo a un o estándar. Para ello se usará como herramienta de modelación el software TransCAD.

La función de asignación utilizada por un modelo multimodal corresponde a la de costo generalizado para una red multimodal en donde cada modo corresponde a la tipología vehicular establecida.

$$gc_{OD}^m = \sum_{a \in A_{OD}^m} \{ VDF (co_a, C_a) + FT_a^m \} + \sum_{i \in M_{OD}^m} MT_m^i \quad \text{Ecuación 10}$$

Dónde:

$gc_{OD}^m =$	Costo generalizado entre origen y destino para el modo m.
$a =$	Arco de la red
$OD =$	Par Origen Destino
$A_{OD}^m =$	Arcos de la ruta entre O y D
$co_a =$	Costo de recorrer el arco a, a flujo libre
$C_a =$	Capacidad del arco a
$FT_a^m =$	Costo del Peajes en el arco a para el modo m
$VDF =$	Función de demora

Para el presente caso, el único elemento de impedancia es el tiempo, razón por la cual la función de asignación se reduce a la siguiente expresión:

$$gc_{OD}^m = \sum_{a \in A_{OD}^m} \{ VDF (co_a, C_a) FT_a^m \} \quad \text{Ecuación 12}$$

Definiéndose la función flujo demora como se presenta:

$$t_i = t_0 \cdot \left[1 + \alpha_i \left(\frac{x_i}{C_i} \right)^\beta \right] \quad \text{Ecuación 13}$$

donde,

t_i = Tiempos en el arco i

α = Constante

x_i = Flujo en el arco i

C_i = Capacidad del arco i

β = Constante

2.1.4.2. Asignación de Transporte Público

La asignación de transporte público modela el flujo de pasajeros en el sistema de transporte público colectivo y para ellos se vale de distintas metodologías que al igual en la asignación del tráfico, buscan minimizar el costo general del viaje

El método de asignación a utilizar se denomina PathFinder, que se diferencia de otros métodos en que las tarifas se toman en cuenta para determinar la mejor ruta. Esto se hace utilizando el costo generalizado del viaje en lugar del tiempo de viaje como la medida que debe minimizarse en la búsqueda del camino mínimo.

El costo generalizado del viaje se calcula aplicando un valor de tiempo (VOT), que es especificado por el usuario, para convertir los tiempos de viaje y de espera en unidades monetarias, que luego se combinan con las tarifas aplicables. Pathfinder también difiere del método de estrategias óptimas al proporcionar control paramétrico sobre las rutas alternativas en el conjunto de caminos posibles en un par O/D.

También se puede especificar un factor de combinación de acceso para controlar la combinación de rutas que comienzan con enlaces de caminata, de manera similar a la combinación de rutas. Cuando se usan las tarifas y las tarifas difieren según la ruta, el método determina el conjunto de rutas que minimizan el costo total general esperado del viaje, el cual incluye el nivel de servicio y la tarifa en una función de utilidad que se conoce como la ecuación de costo generalizado.

Esta función como su nombre lo indica, calcula el costo generalizado de viaje de todas las alternativas que tiene el usuario para moverse desde su origen hasta su destino. El viajero a su vez escoge como estrategia de viaje la combinación de rutas, que puede estar conformada por una o más de ellas, que represente la opción más favorable para su viaje. La estrategia de viaje que representa mayor utilidad para el usuario es la que tenga menor costo generalizado.

En el método Pathfinder, el costo para hacer un viaje se compone básicamente de los siguientes elementos:

- Tarifa de transporte
- Tiempo en el vehículo
- Tiempo de espera en Paraderos
- Tiempo de permanencia de los vehículos en paraderos
- Penalidades de tiempo de transferencia

- Tiempo de caminata

Matemáticamente el costo de un camino k es calculado de la siguiente forma³:

$$C_k = \sum_{a \in A} \delta_a^k (V_a + W_a) \quad \text{Ecuación 14}$$

$V_a = \gamma_r r_a + VOT(\gamma_l l_a + \gamma_x x_a + \gamma_d d_a)$, si a es un arco con transporte público;

$V_a = VOT \cdot \gamma_k k_a$, de lo contrario;

$W_a = VOT \cdot (\gamma_w \frac{\alpha}{\sum_{b \in F_t^k(a)} f_b})$ si a es un arco con transporte público;

$W_a = 0$

Donde:

C_k = Costo total, para el camino k , en unidades monetarias.

a = Arco de tránsito de rutas o peatones.

A = Selección de arcos

δ_a^k = Proporción del flujo del camino k asignado al arco a .

V_a^a = Costo del viaje asociado al arco a .

W_a = Costo de espera en los paraderos asociados al arco a .

γ_r = Peso de la tarifa.

r_a = Tarifa asociada al arco a .

VOT = Valor del tiempo (\$/min).

γ_l = Peso del tiempo en vehículo.

l_a = Tiempo a bordo del vehículo en el arco a .

γ_x = Peso en el tiempo de penalidad para una transferencia.

X_a = Tiempo de penalidad asociado al arco a .

γ_d = Peso del tiempo para las maniobras de ascenso-descenso de los paraderos (Layover).

³ Notas técnicas del manual de Modelación de la demanda con TransCAD.

d_a = Tiempo de maniobras de ascenso-descenso de los paraderos asociados al arco a .

γ_w = Peso en el tiempo de espera.

α = Parametro de inter-arribo.

$t(a)$ = Nodo inicial del arco a .

$F_{t(a)}^k$ = Todos los arcos del camino k que tienen $t(a)$ como su nodo de inicio.

f_a = Frecuencia de los servicios asociados al arco a .

γ_k = Peso en el tiempo de caminata.

k_a = Tiempo de viaje a pie en el arco a

El modelo en esencia para calcular la función anterior de costo general del viaje debe recoger los tiempos de cada etapa, la percepción de cada tiempo y el valor estimado del tiempo (VOT).

2.2. Preparación del Modelo

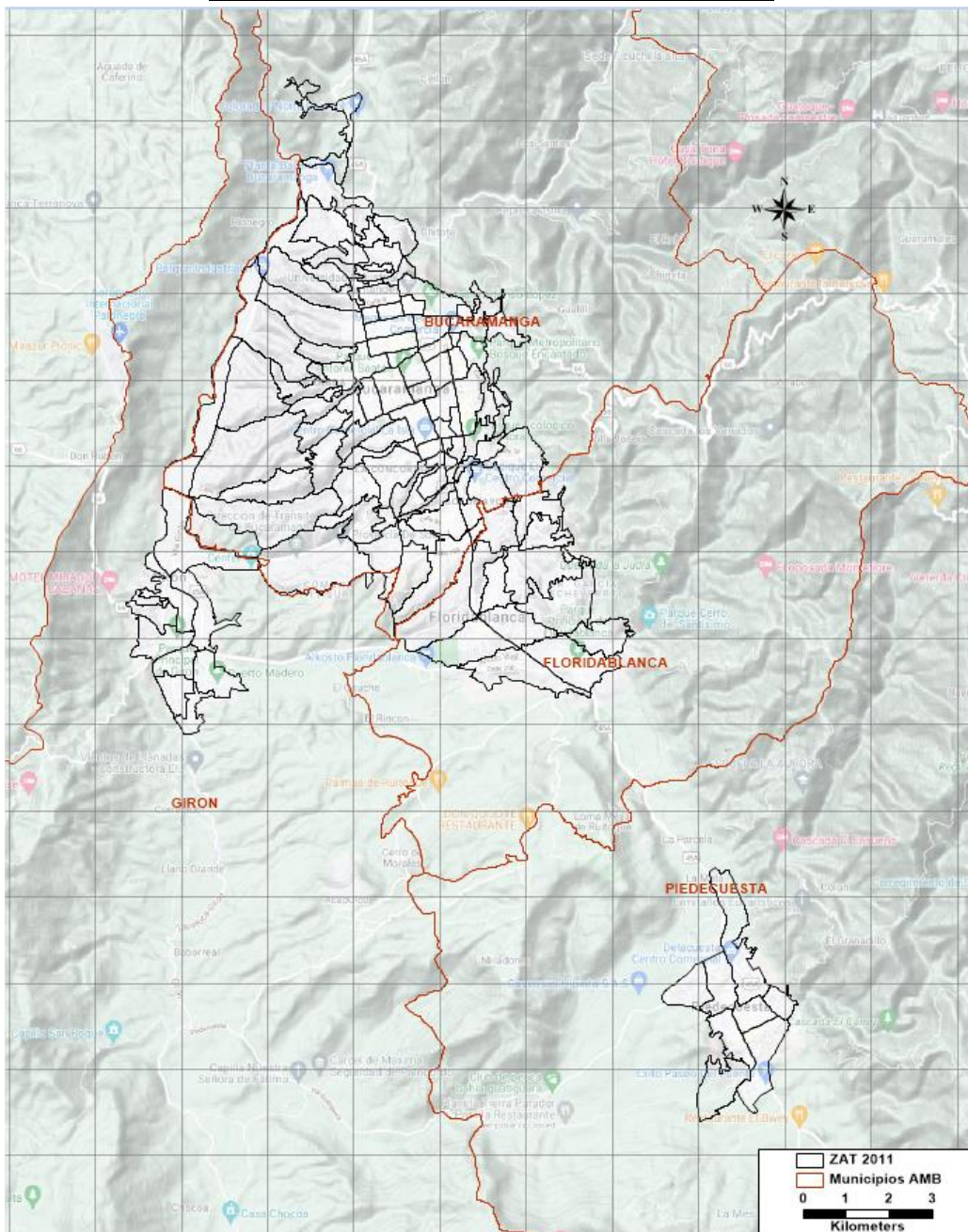
La preparación del modelo conlleva la obtención, depuración y organización de distintas fuentes de datos y geográficas para alimentar cada una de las etapas a modelar.

2.2.1. Zona de Análisis de Transporte

Las zonas de análisis de transporte son un conjunto de áreas geográficas agregadas por características comunes bien sea sociales, económicas o morfológicas. Estas agrupaciones son el punto de partida de identificación de la demanda debido a que a ellas se asocian características de la movilidad como número de viajes atraídos o generados, motivos y modos de viaje vinculados a su vez a aspectos socioeconómicos como lo son población, segmento poblacional, usos del suelo, densidad etc.

Para el caso del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), la construcción de estas áreas partirá de la zonificación desarrollada en el Plan Maestro de Movilidad del año 2011 en cuyo momento se agregamos 129 áreas de la cuales 98 se encuentran en Bucaramanga, 13 en Floridablanca, 10 en Girón y 8 en Piedecuesta.

FIGURA 19. ZONAS DE ANÁLISIS DE TRANSPORTE 2011



Fuente: UIS- Plan Maestro de Movilidad 2011, Fondo Google Terrain

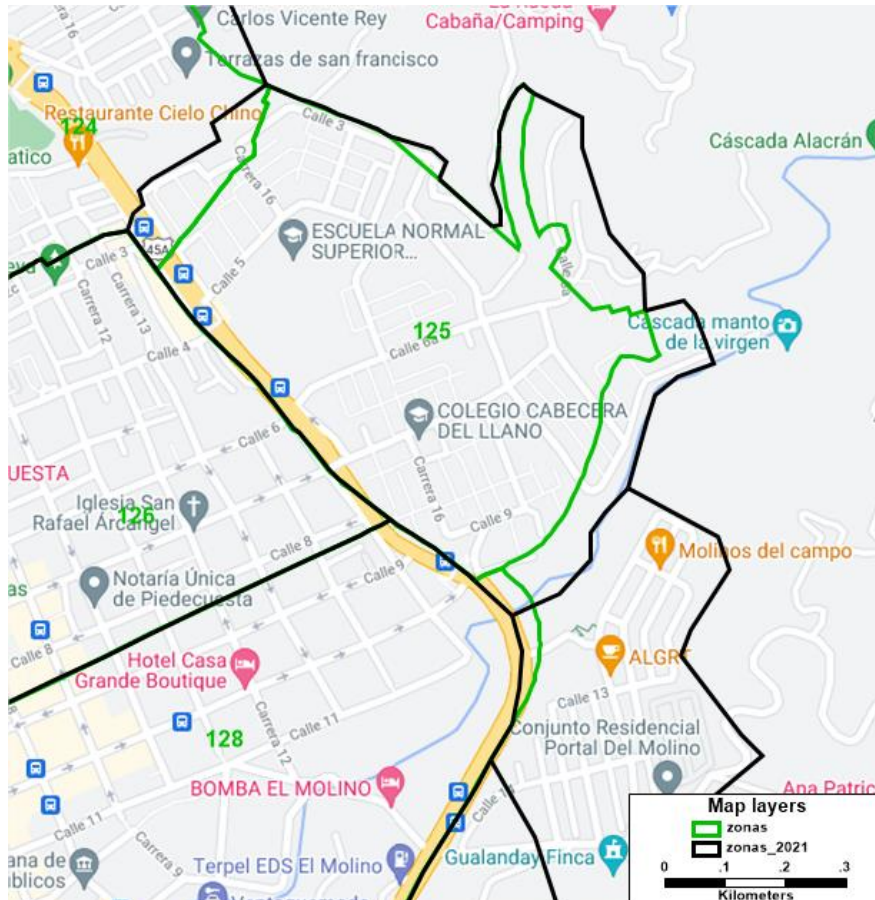
Por supuesto, la zonificación del momento se acoto de acuerdo con la huella urbana y suburbana más relevante, razón por la cual se evidencia un gran conglomerado de zonas entre Bucaramanga Floridablanca y Girón, mientras que Piedecuesta aparece separada.

Para el año 2021, la conurbación de área a cambiando ampliamente y la mancha de construcción se ha ampliada en los bordes urbanos y alrededor de la vía Piedecuesta-Floridablanca, e su vez se han identificado nuevos desarrollos suburbanos a manera de

condominios. Estos cambios motivan una reestructuración de las zonas dando solo siguientes tratamientos:

Corrección por morfología: En algunos sectores, se ha detectado que las zonas previas tienen su borde en una zona que hoy ya está urbanizada o bien no coincide con bordes naturales como malla arterial, ríos o depresiones entre otros. Para estos puntos se ajusta la zona al límite morfológico natural.

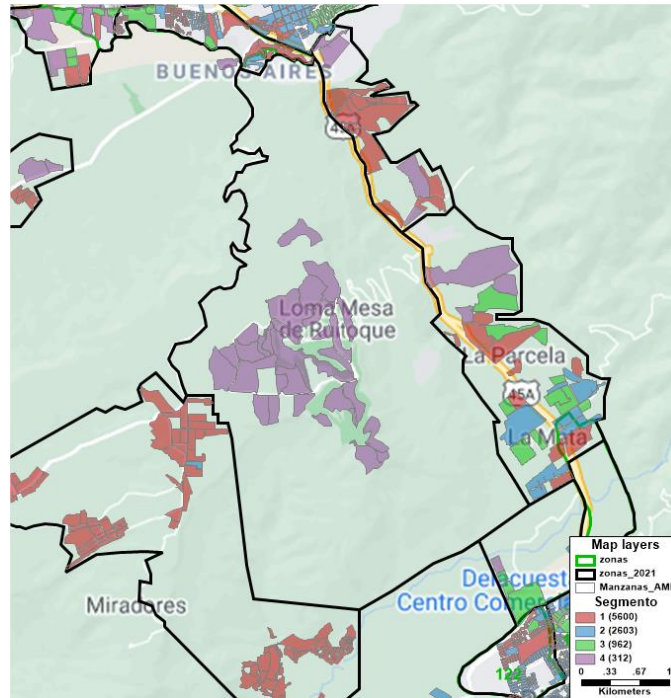
FIGURA 20. AJUSTE ZAT POR MORFOLOGÍA DE ZONAS 2011 A 2019



Fuente: Elaboración propia a partir PMM 2011, Fondo Google Maps

Inclusión de nuevas zonas según manzanas DANE: De los registros geográficos del DANE, según censo 2018, se han detectados nuevos asentamientos residenciales desconocidos como zona de análisis en el 2011, Para estos sectores se han delimitados nuevas zonas. Este fenómeno se presente principalmente entre Floridablanca y Piedecuesta.

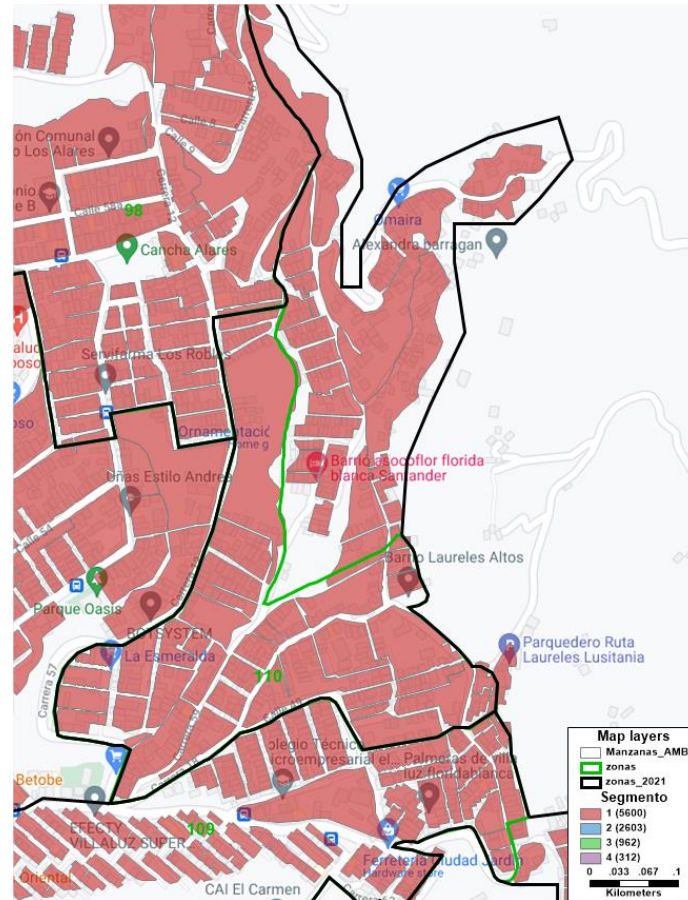
FIGURA 21. AJUSTE ZAT POR NUEVOS ASENTAMIENTOS



Fuente: Elaboración propia a partir PMM 2011, Fondo Google Maps

Ampliación de zona por mayor franja urbana: la ampliación del borde urbano requiere también de la revisión de las zonas que limitan con el área rural, puntos en los que se han ampliado las zonas. Esta circunstancia es más evidente en el límite urbano de Bucaramanga.

FIGURA 22. AJUSTE ZAT POR AMPLIACION DE BORDE URBANO

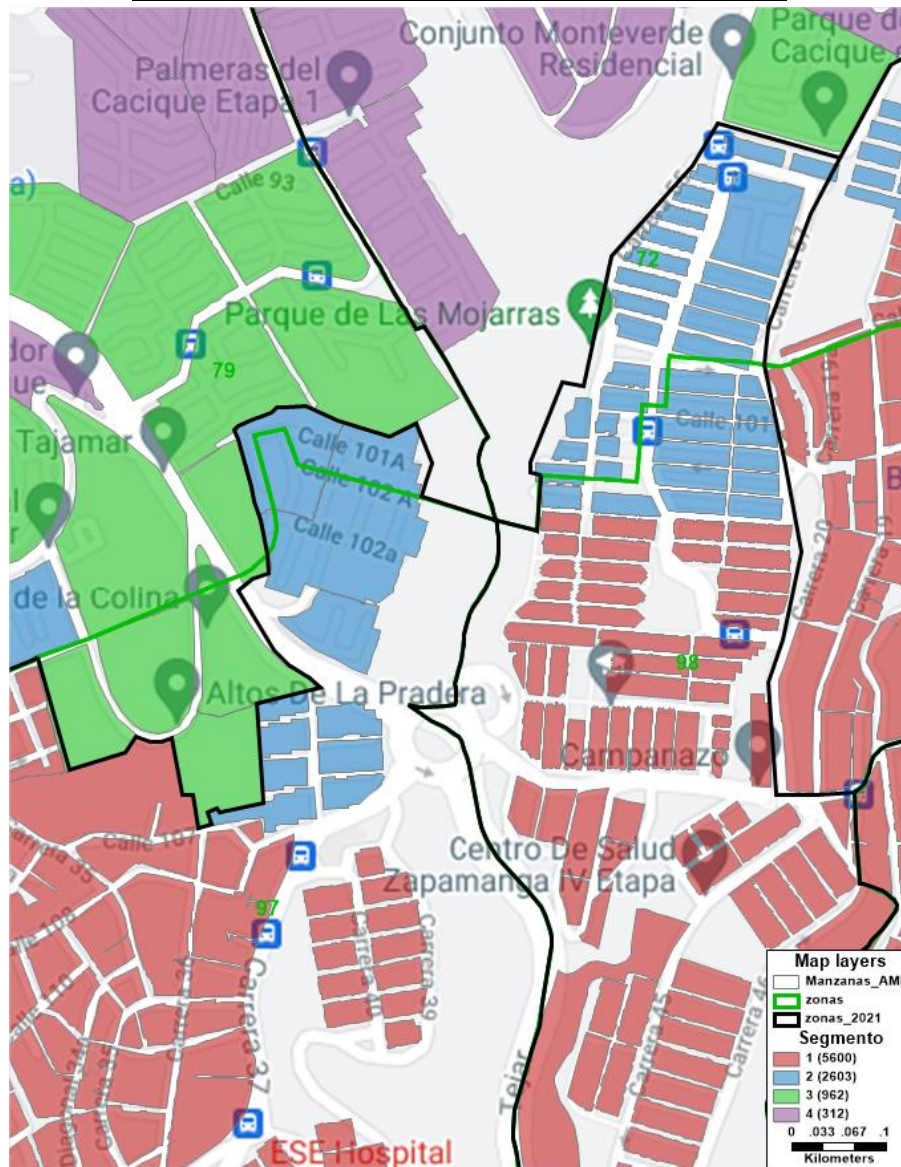


Fuente: Elaboración propia a partir PMM 2011, Fondo Google Maps

Ajuste de límites por agrupación de segmentos: Otras modificaciones dadas a la zonificación, tienen que ver con la corrección de algunos límites entre zonas, buscando agrupar de manera más homogénea los sectores y en lo posible tener segmentos de estratificación⁴ iguales o sucesivos.

⁴ Los segmentos de estratificación, establecidos de acuerdo con los registros DANE de servicios públicos son 1 para estratos 1 y 2, 2 para estrato 3, 3 para estrato 4 y 4 para estratos 5 y 6.

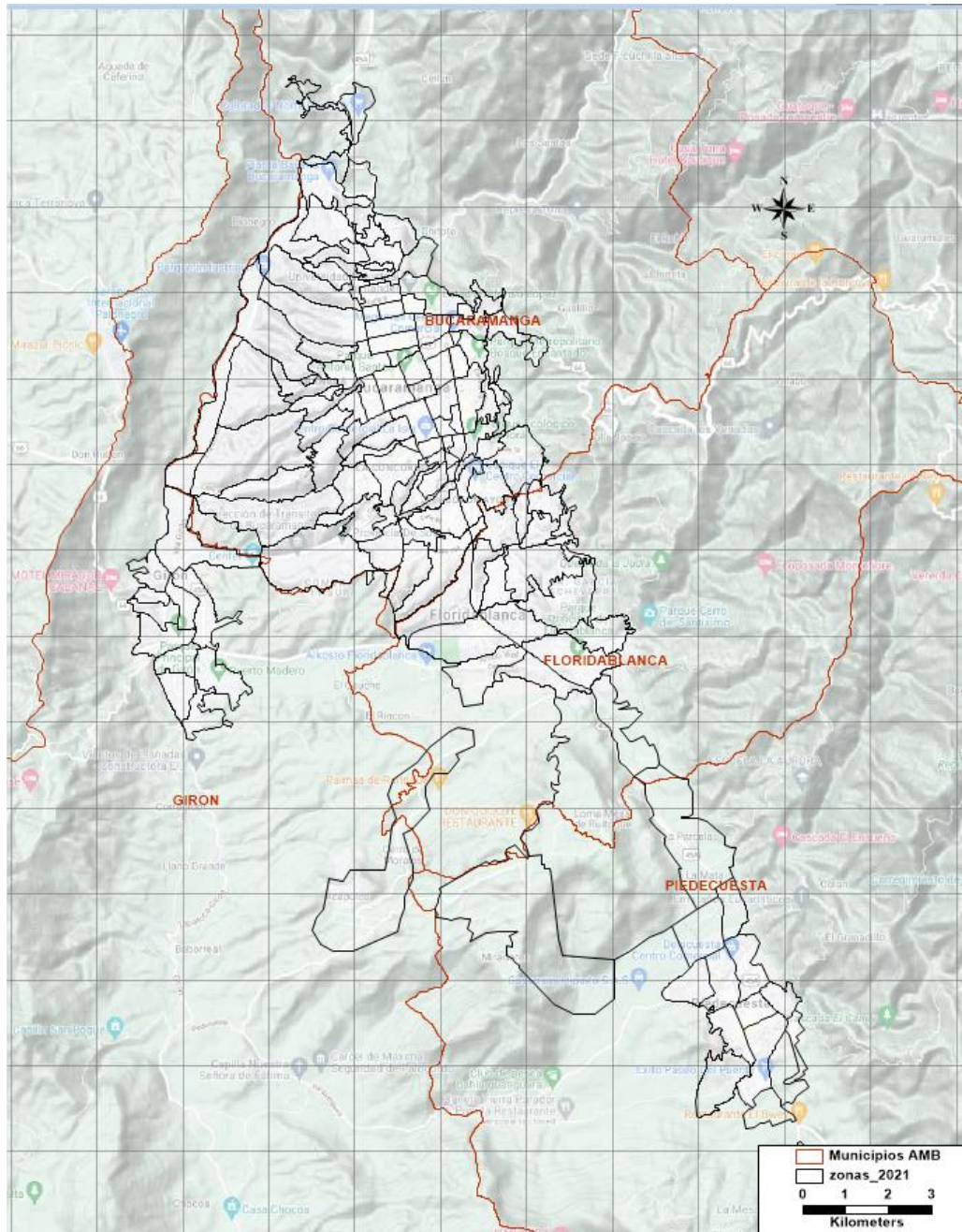
FIGURA 23. AJUSTE ZAT POR AGRUPACION DE SEGMENTOS



Fuente: Elaboración propia a partir PMM 2011, Fondo Google Maps

Bajo estos criterios de revisión y ajustes, la zonificación propuesta para el año 2021, contiene 153 zonas (**Ver Anexo 10. ZAT**), 102 en Bucaramanga, 18 en Floridablanca, 13 en Girón y 20 en Piedecuesta.

FIGURA 24. ZONAS DE ANÁLISIS DE TRANSPORTE 2021

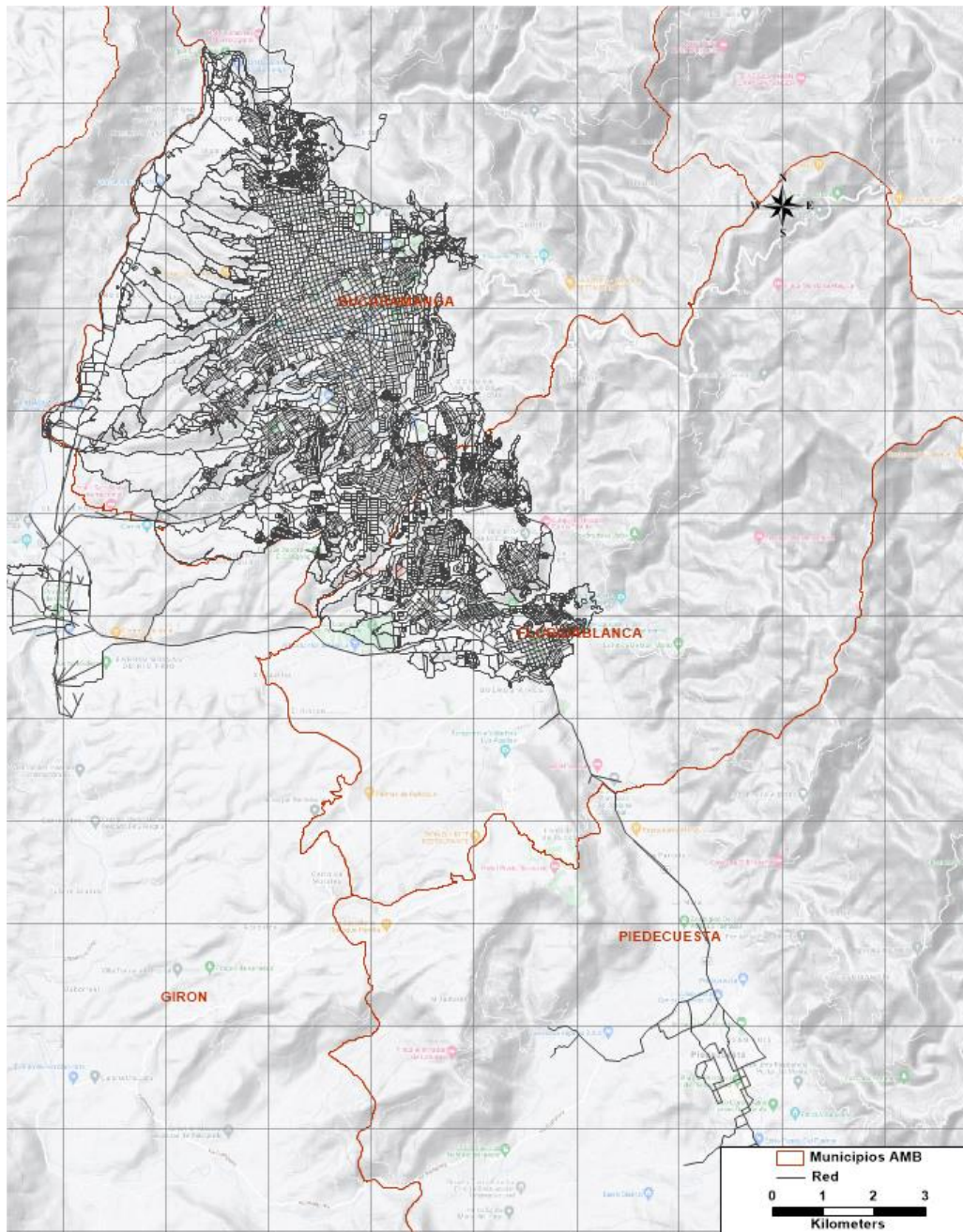


Fuente: A partir de UIS- Plan Maestro de Movilidad 2011, Fondo Google Terrain

2.2.2. Red Vial del Modelo

El modelo de red utiliza como elemento fundamental un archivo geográfico formado por arcos y nodos, siendo los arcos los que representan la red vial y los nodos las intersecciones y los sitios de origen y destino de la demanda. La presente red parte de la red vial elaborada en el PMM del año 2011 si se actualiza con información del inventario vial desarrollado por la presente consultoría (**Ver Anexo 05. Red_vial**)

FIGURA 25. RED VIAL 2021



Fuente: A partir de UIS- Plan Maestro de Movilidad 2011, Fondo Google Terrain

Las principales características asociadas a el archivo geográfico presentado son:

TABLA 13. CARACTERÍSTICAS DE LA RED

Variable	Unidad	Comentario
Nomenclatura		Existente e inventario
Sentido de Circulación	Valor binario	Bidireccional (0), Sentido igual a topología (1) Sentido opuesto a Topología (-1)
Tipo de Vía		Según Clasificación existente y de inventario
Sección	m	Ancho por uso
Longitud	km	Valor Medido por defecto
Tiempo	minutos	Valor estimado en función de la velocidad medida
Capacidad	Veh/hora	En vehículos equivalentes, estimado a partir de condiciones geométricas, operacionales y tipología vial
Parámetros α y β		Parámetros de ajuste de la función de congestión empleada

Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Red de Transporte público

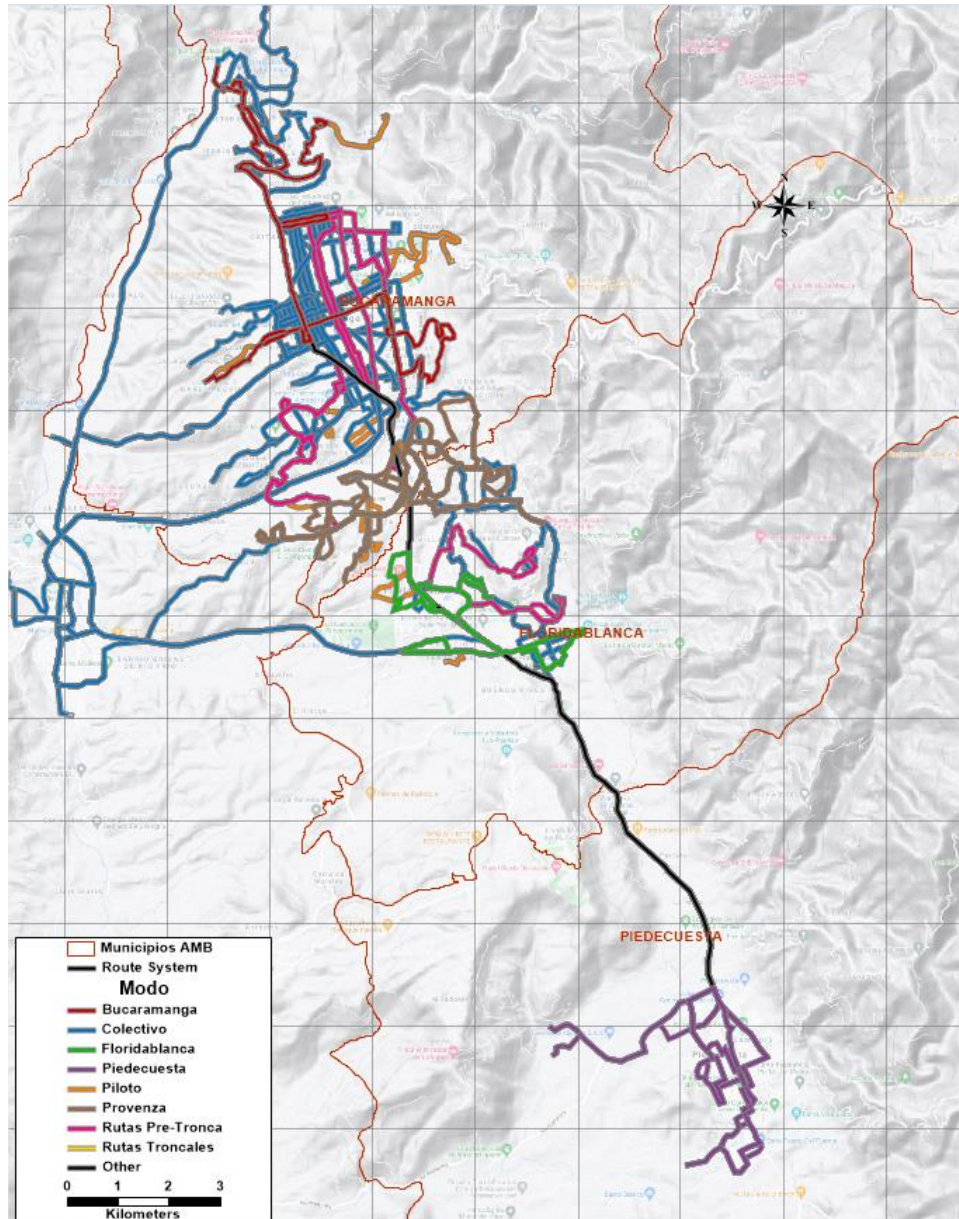
La red de transporte público es la representación gráfica de los itinerarios de las rutas de transporte público existentes (**Ver Anexo 06. Redes**), las cuales han sido trazadas a partir de fuentes secundarias como archivos geográficos del AMB y corroboradas con los inventarios de ruta hecho en campo. La información asociada a este archivo geográfico es:

TABLA 14. CARACTERÍSTICAS DE LA RED

Variable	Unidad	Comentario
Nombre de Ruta		Según descripción de la fuente
Intervalo	minutos	Medido en campo
Tipo de Vehículo		Observado
Capacidad	Pas/h	Estimación según intervalo y tipo de vehículo
Longitud	km	Valor Medido por defecto
Tiempo	minutos	Valor medido en campo

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 26. RED DE TRANSPORTE PÚBLICO 2021



Fuente: A partir de UIS- PMM 2011, registros AMB e Inventario - Fondo Google Terrain

2.3. Calibración de la demanda

Si bien el modelo de transporte tiene una estructura que comienza con la estimación de la de la demanda por origen y destino (Modelo de Generación y Atracción), continua con el establecimiento de la líneas de flujos entre zona (Distribución), luego se estima la elección modal y se concluye con la asignación de los viajes por modo, el proceso de calibración se hace de forma inversa comenzando por el modelo de asignación de transporte público y asignación de tráfico debido a que de esta etapa es de la que se identifica información en campo, en el caso del transporte público se cuenta con la medición de ascensos y descensos y frecuencia y ocupación visual y en el caso de la asignación de tráfico con los aforos localizados.

2.3.1. Calibración Modelo de Transporte público

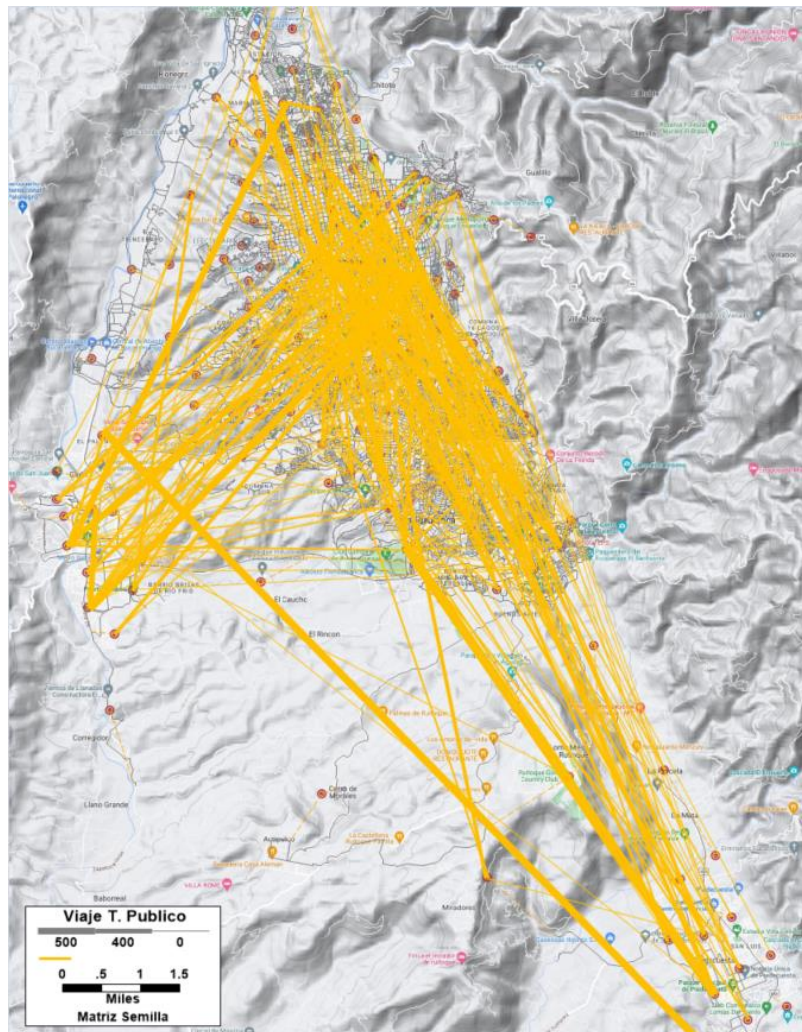
El modelo de asignación de transporte público desarrollado para el AMB, parte de la reconstrucción del modelo de asignación existente, en especial la base geográfica de la red vial sin embargo el trazado de las rutas de transporte público obedece totalmente al inventario adelantado por el consultor.

La calibración de la demanda es un proceso iterativo en el cual se compara los pasajeros asignados a las rutas con los pasajeros medidos en campo. En esencia el modelo de estimación de demanda usa como entrada una matriz de O-D (Matriz semilla), la red de transporte público y la información ordenada de ascensos y descensos de las rutas. A partir de una primera asignación se comparan los valores asignados con los medidos y luego se modifica un par O-D a la vez para acercarse a la medición.

2.3.1.1. Matriz semilla Transporte Público

La matriz base o semilla, se ha construido a partir de la encuesta O-D adelantada en el año 2021, esta matriz cuenta más de 580 pares O-D distribuidos al largo de AMB

FIGURA 27. LINEAS DE VIAJE MATRIZ SEMILLA – TRANSPORTE PUBLICO



Fuente: A partir de Encuesta O-D

2.3.1.2. Oferta de Transporte público

La oferta de transporte público utilizada para la calibración corresponde a la existen a septiembre de año 2021, periodo en el cual se dio cierre a la caracterización de las rutas

La caracterización de las rutas incluye, modo específico, nombre de ruta empresa, tipo de vehículo, intervalo y tarifa (**Ver Anexo 07. Rutas**), este último atributo, indicado por ruta debido a que se encontró que un grupo de rutas del modo colectivo tienen una tarifa inferior a la mayoría del sistema.

TABLA 15. RUTAS DE CALIBRACIÓN

MODO	NOMBRE MODO	NOMBRE RUTA	EMPRESA / OPERADOR	TIPO DE VEHÍCULO	INTERVALO	TARIFA
1	Troncal	T2	Metrolínea	Articulado	10	2700
1	Troncal	T4	Metrolínea	Articulado	10	2700

MODO	NOMBRE MODO	NOMBRE RUTA	EMPRESA / OPERADOR	TIPO DE VEHÍCULO	INTERVALO	TARIFA
2	Alimentadora	AB1	Metrolínea	Buseta	12	2700
2	Alimentadora	AN1	Metrolínea	Buseta	10	2700
2	Alimentadora	AN2	Metrolínea	Buseta	10	2700
2	Alimentadora	AP1	Metrolínea	Buseta	12	2700
2	Alimentadora	AP2	Metrolínea	Buseta	8.6	2700
2	Alimentadora	AP3	Metrolínea	Buseta	8.6	2700
2	Alimentadora	AP4	Metrolínea	Buseta	10	2700
2	Alimentadora	AP5	Metrolínea	Buseta	10	2700
2	Alimentadora	AP12	Metrolínea	Buseta	10	2700
2	Alimentadora	AP14	Metrolínea	Buseta	12	2700
2	Alimentadora	AP7	Metrolínea	Buseta	10	2700
3	Colectivo	R3	Unitransa	Buseta	8.6	2700
3	Colectivo	R26	Cootrander	Buseta	6	2700
3	Colectivo	R27	Lusitania	Buseta	7.5	2700
3	Colectivo	R28A	Lusitania	Buseta	5.5	2700
3	Colectivo	R28	Lusitania	Buseta	10	2700
3	Colectivo	R33	Cootrander	Buseta	7.5	2700
3	Colectivo	R41	Lusitania	Microbús	12	2700
3	Colectivo	R25	Cootrander	Buseta	10	2700
3	Colectivo	R34	Unitransa	Buseta	10	2700
3	Colectivo	Acapulco	Cachira	Microbús	12	2700
3	Colectivo	R38	Metropolitana	Buseta	20	2700
3	Colectivo	R45	Mirador de Arena	Buseta	15	2700
3	Colectivo	R43	Oriental	Buseta	8.6	2700
3	Colectivo	R31	Transgiron	Buseta	10	2700
3	Colectivo	R30	Transgiron	Buseta	10	2700
3	Colectivo	R44	San Juan	Microbús	12	2700
3	Colectivo	R39	Oriental	Buseta	10	2700
3	Colectivo	R42	Oriental	Buseta	8.6	2700
3	Colectivo	R37	Metropolitana	Buseta	6	2700
3	Colectivo	R46	Transpiedecuesta	Buseta	12	2700
3	Colectivo	R44A	San Juan	Microbús	15	2700
3	Colectivo	Cumbre	Flotax	Microbús	12	2700
3	Colectivo	R7	Cootrander	Buseta	8.6	2700
3	Colectivo	R51	Transpiedecuesta	Buseta	12	2700
3	Colectivo	R50	Villa San Carlos	Buseta	7.5	2700
3	Colectivo	R52	Transpiedecuesta	Buseta	8.6	2700
3	Colectivo	R53	Transpiedecuesta	Buseta	10	2700
3	Colectivo	R49	Transpiedecuesta	Buseta	15	2700
3	Colectivo	R hormiga	Flotax	Microbús	12	2700
3	Colectivo	R32	Transgiron	Buseta	10	2700

MODO	NOMBRE MODO	NOMBRE RUTA	EMPRESA / OPERADOR	TIPO DE VEHÍCULO	INTERVALO	TARIFA
4	Colectivo	R1	Unitransa	Buseta	8.6	1800
4	Colectivo	R15	Transcolombia	Buseta	8.6	1800
4	Colectivo	R23	Transcolombia	Buseta	7.5	1800
4	Colectivo	R2	Unitransa	Buseta	8.6	1800
4	Colectivo	R14	Transcolombia	Buseta	8.6	1800
4	Colectivo	R21	Transcolombia	Buseta	12	1800
4	Colectivo	R24	Transcolombia	Buseta	7.5	1800
4	Colectivo	R17	Transcolombia	Buseta	6	1800
4	Colectivo	R16	Unitransa	Buseta	7.5	1800
4	Colectivo	R4	Unitransa	Buseta	12	1800
4	Colectivo	R11	Unitransa	Buseta	7.5	1800
4	Colectivo	R5A	Unitransa	Buseta	7.5	1800
5	Pre-Troncal	P10	Metrolínea	Padrón	8.6	2700
5	Pre-Troncal	P5	Metrolínea	Padrón	12	2700
5	Pre-Troncal	P13	Metrolínea	Padrón	12	2700
5	Pre-Troncal	P2	Metrolínea	Padrón	10	2700
5	Pre-Troncal	P6	Metrolínea	Padrón	12	2700
5	Pre-Troncal	P7	Metrolínea	Padrón	12	2700

Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario

El modelo incluye 6 rutas que retomaron operación en el año 2022 pero no se han incluido en la calibración debido a que para el momento de la recolección de información de campo no se contaba con su presencia.

TABLA 16. RUTAS TRAZADA NO INCLUIDA EN CALIBRACIÓN

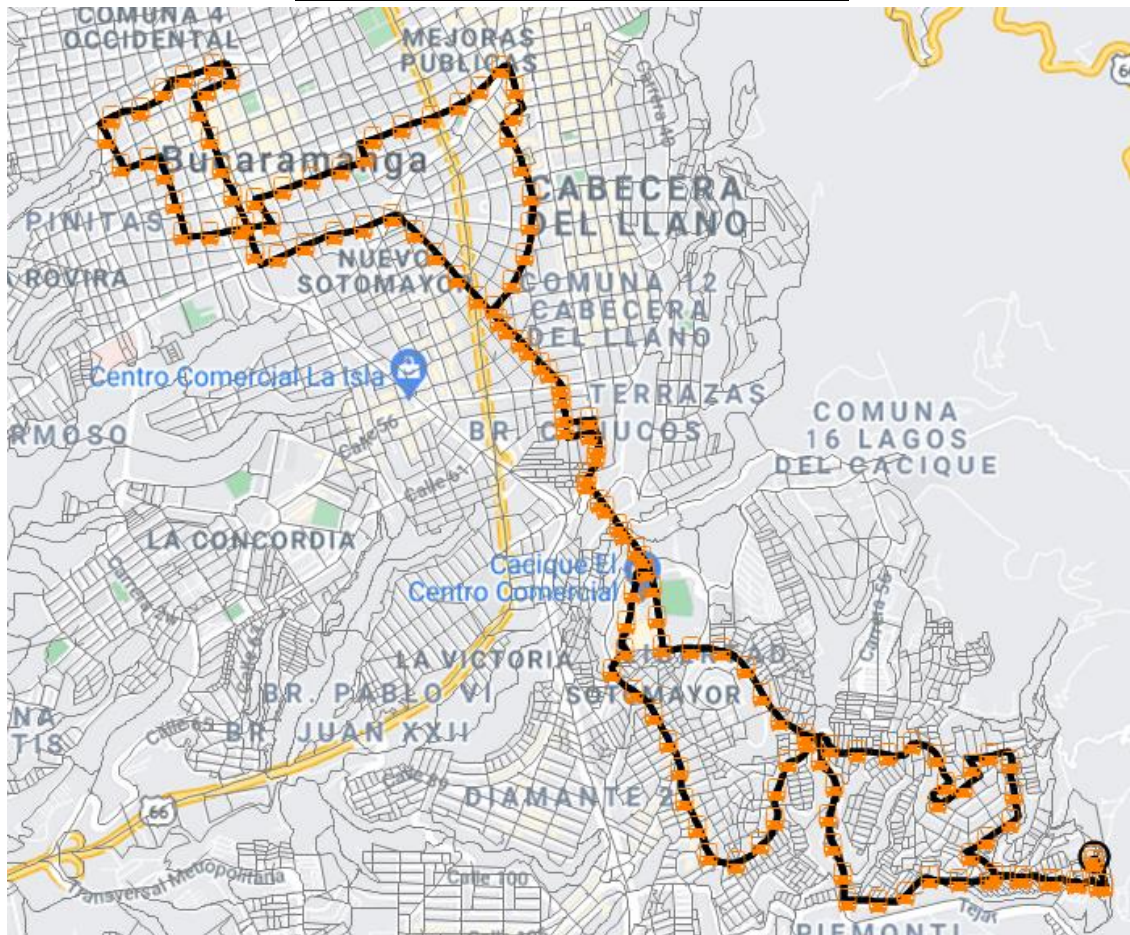
MODO	NOMBRE MODO	NOMBRE RUTA	EMPRESA / OPERADOR	TIPO DE VEHÍCULO	INTERVALO	TARIFA
2	Alimentadora	AC4A	Metrolínea	Buseta	10	2700
2	Alimentadora	AF2B	Metrolínea	Buseta	10	2700
2	Alimentadora	AF1	Metrolínea	Buseta	10	2700
2	Alimentadora	APD4I	Metrolínea	Buseta	10	2700
2	Alimentadora	APD1C	Metrolínea	Buseta	10	2700
5	Pre-Troncal	P8	Metrolínea	Padrón	10	2700

Fuente: Metrolínea

El sistema de rutas utilizado en este proyecto se construyó a partir de la información secundaria proveniente del AMB en la que además de la red vial de la ciudad, se tenían el trazado de las diferentes rutas de transportes que se tenía conocimiento. Posteriormente con la información tomada en campo se van a identificar las rutas que actualmente se encuentran operando. El trazado definitivo de las rutas se realiza de manera individual con paraderos preliminares por ruta cada 150 metros para la posterior asociación de los paraderos con la información de ascensos descensos. En la siguiente imagen se puede

observar el trazado de la ruta “Laureles Oasis Reposo Carretera Antigua G. Valencia Carrera 16 Centro”

FIGURA 28. TRAZADO DE LAS RUTAS DEL SISTEMA



Fuente: Modelo AMB

Una vez se trazó en su totalidad el sistema de rutas, se procedió a relacionar las rutas con su respectiva información tomada en campo.

La información de Ascenso Descenso se tomó para un total de 60 rutas que se evidenciaron operativas. Del total el 70% son del componente TPC y el restante de Metrolínea. Para cada ruta se tomó información de entre dos y tres recorridos.

Se observa que la zona norte de la ciudad, así como Girón y Piedecuesta, son diariamente grandes puntos de ascenso de pasajeros.

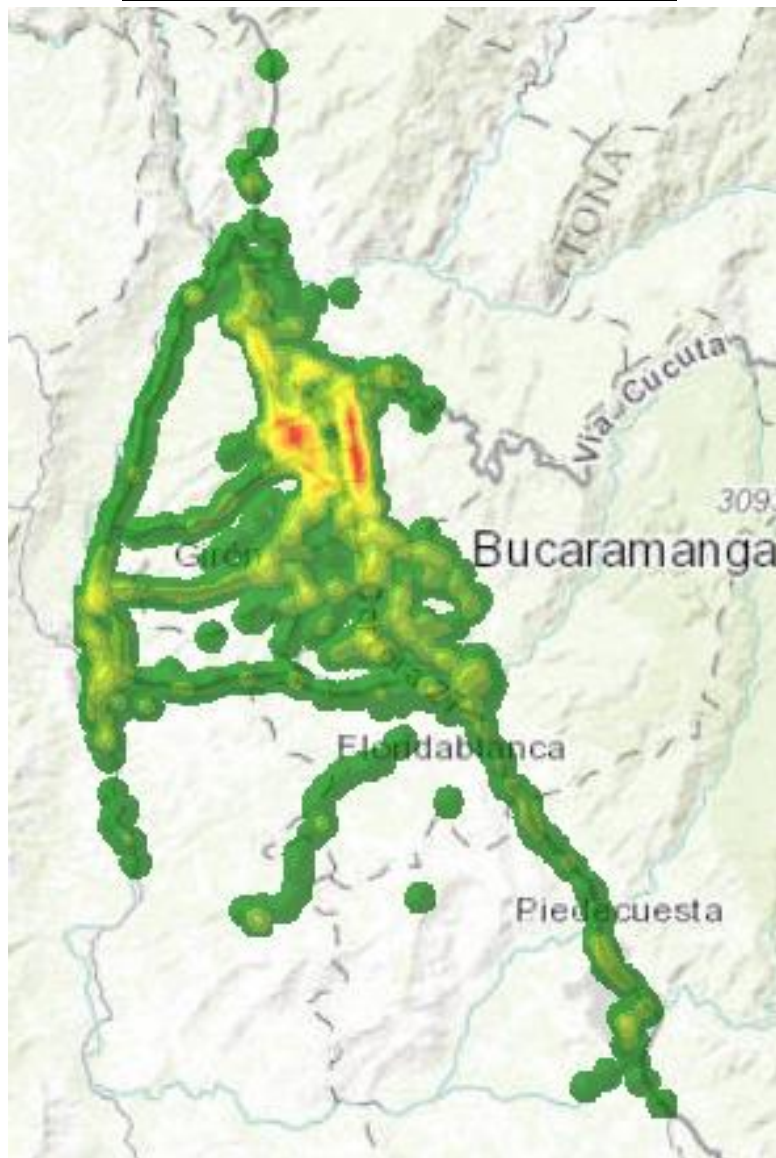
FIGURA 29. MAPA DE CALOR ASCENSOS MEDIDOS



Fuente: Información de Campo AD

En cuanto a los descensos de ruta se tiene que el centro y el centro oriente de la ciudad son el principal punto donde los usuarios terminan su viaje.

FIGURA 30. MAPA DE CALOR DECENSOS MEDIDOS



Fuente: Información de Campo AD

2.3.1.3. Configuración Tarifaria

El sistema tarifario utilizando en el modelo corresponde a tarifa plana con precisión en de los costos de las transferencias de la siguiente manera:

TABLA 17. TARIFAS Y TRANSFERENCIAS ENTRE MODOS

ID	MODOS	TARIFA	TRONCAL	ALIMENTADOR	COLECTIVO 1	COLECTIVO 2	PRETRONCAL
1	Troncal	2700	0	0	2700	1800	0
2	Alimentador	2700	0	0	2700	1800	0
3	Colectivo 1	2700	2700	2700	2700	1800	2700
4	Colectivo 2	1800	2700	2700	2700	1800	2700

ID	MODO	TARIFA	TRONCAL	ALIMENTADOR	COLECTIVO 1	COLECTIVO 2	PRETRONCAL
5	Pretroncal	2700	0	2700	2700	1800	0

Fuente: Modelo e inventario

2.3.1.4. Especificaciones de asignación

El modelo para estimación del costo general, descrito en el numeral 2.1.4.2, debe recoger los tiempos de cada etapa, la percepción de cada una de ellas (peso) y el valor estimado del tiempo

TABLA 18. ESPECIFICACIONES DEL MODELO

PARÁMETRO	VALOR UTILIZADO
Máximo número de transferencias	5
Valor del tiempo (\$cop/min) (a precios 2021) ⁵	71
Modo Tarifario	Plano
Tarifa primer abordaje (\$cop/min)	Por Modo
Tarifa transferencia entre rutas (\$cop/min)	Tabla de transferencia
Intervalo	Variable por ruta
Tiempo de penalidad transferencia entre rutas urbanas (min)	Por modo
Máximo tiempo de espera inicial (min)	30
Máximo tiempo de espera para transferencia (min)	30
Mínimo tiempo de espera inicial (min)	2
Mínimo tiempo de espera transferencia (min)	2
Penalidad Layover (min)	5
Maniobra ascenso paraderos (min)	0.15
Maniobra descenso paraderos (min)	0.15
Máximo tiempo de acceso caminando al sistema a pie (min)	30
Máximo tiempo de salida caminando del sistema a pie (min)	20
Máximo tiempo de transferencia caminando(min)	20
Peso tarifa	1
Peso tiempo viaje	Por Ruta
Peso tiempo inicial	1
Peso tiempo de transferencia	2
Peso tiempo de espera inicial	2
Peso tiempo de espera transferencia	2
Peso maniobras de ascenso/descenso paraderos	2
Peso tiempo de caminata	3

Fuente: A partir del Inventario EPD y Modelo anterior AMB

⁵ Este valor fue Estimado a partir de la Encuesta de Preferencias declaradas.

2.3.1.5. Estimación de la demanda

El procedimiento de calibración consiste en reestimar la matriz de viajes con el propósito de acercar la demanda a las magnitudes de la información real y a partir del uso del estadístico GEH se determina la aceptación de la calibración.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{obs} - q_{sim})^2}{0.5(q_{obs} + q_{sim})}}$$

Donde,

q_{obs} flujo vehicular observado en el periodo considerado

q_{sim} flujo vehicular simulado en el periodo considerado

TABLA 19. GEH POR RUTA

ID	NOMBRE	EMPRESA	MODO	MEDIO	MODELO	GEH
1	R1	Unitransa	Colectivo	182	321	8,8
4	R15	Transcolumbia	Colectivo	443	490	2,2
5	R23	Transcolumbia	Colectivo	416	507	4,2
6	R3	Unitransa	Colectivo	370	381	0,5
11	R2	Unitransa	Colectivo	450	532	3,7
19	R14	Transcolumbia	Colectivo	562	642	3,2
23	R21	Transcolumbia	Colectivo	238	216	1,5
25	R24	Transcolumbia	Colectivo	397	401	0,2
27	R26	Cootrander	Colectivo	257	333	4,4
28	R27	Lusitania	Colectivo	197	150	3,6
29	R28A	Lusitania	Colectivo	315	272	2,6
30	R28	Lusitania	Colectivo	192	172	1,5
35	R33	Cootrander	Colectivo	171	244	5,1
42	R41	Lusitania	Colectivo	152	185	2,6
59	P10	Metrolínea	Pre-Tronca	1386	1171	6,0
64	P5	Metrolínea	Pre-Tronca	173	128	3,7
70	AB1	Metrolínea	Alimentadora	143	205	4,6
71	AN1	Metrolínea	Alimentadora	66	43	3,1
72	AN2	Metrolínea	Alimentadora	84	91	0,8
73	AP1	Metrolínea	Alimentadora	70	85	1,7
74	AP2	Metrolínea	Alimentadora	109	86	2,2
75	AP3	Metrolínea	Alimentadora	72	43	3,8
77	AP4	Metrolínea	Alimentadora	82	34	6,3

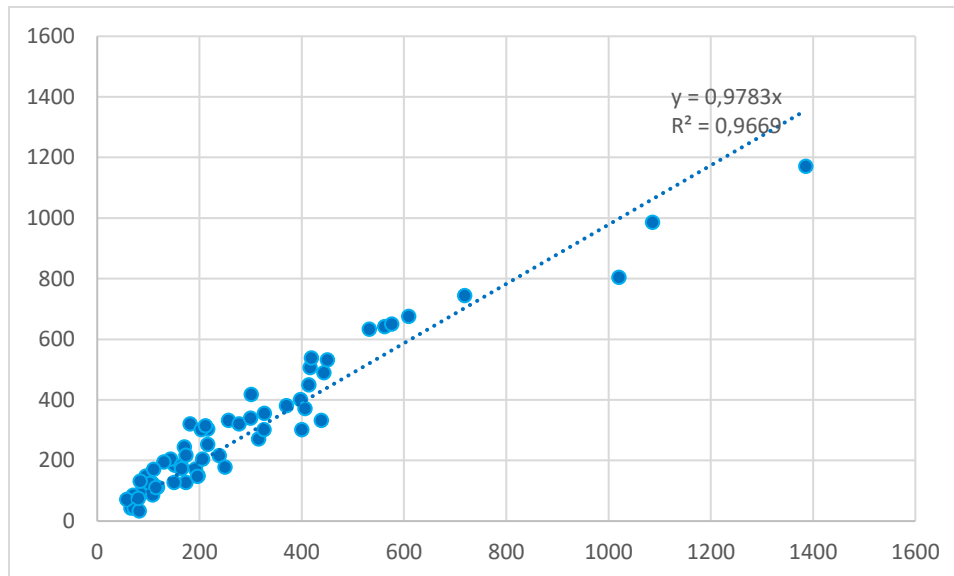
ID	NOMBRE	EMPRESA	MODO	MEDIO	MODELO	GEH
79	AP5	Metrolínea	Alimentadora	108	125	1,6
81	AP12	Metrolínea	Alimentadora	118	112	0,5
82	AP14	Metrolínea	Alimentadora	58	72	1,7
108	R17	Transcolombia	Colectivo	327	356	1,6
124	R16	Unitransa	Colectivo	576	651	3,0
125	R25	Cootrander	Colectivo	326	301	1,4
132	R34	Unitransa	Colectivo	206	205	0,1
143	P13	Metrolínea	Pre-Tronca	438	333	5,4
158	T2	Metrolínea	Troncales	1086	987	3,1
160	R4	Unitransa	Colectivo	130	195	5,1
161	P2	Metrolínea	Pre-Tronca	609	676	2,6
162	Acapulco	Cachira	Colectivo	278	321	2,5
163	P6	Metrolínea	Pre-Tronca	1020	805	7,1
175	R38	Metropolitana	Colectivo	95	149	4,9
177	R11	Unitransa	Colectivo	419	538	5,5
178	R45	Mirador de Arena	Colectivo	103	125	2,1
179	R43	Oriental	Colectivo	84	132	4,6
180	R31	Transgiron	Colectivo	250	178	4,9
181	R30	Transgiron	Colectivo	216	303	5,4
182	R44	San Juan	Colectivo	115	110	0,4
183	R39	Oriental	Colectivo	164	182	1,4
184	R42	Oriental	Colectivo	81	75	0,6
185	R37	Metropolitana	Colectivo	407	371	1,8
186	R46	Transpiedecuesta	Colectivo	165	173	0,6
188	R44A	San Juan	Colectivo	110	171	5,1
189	Cumbre	Flotax	Colectivo	216	254	2,5
191	R7	Cootrander	Colectivo	196	147	3,7
192	T4	Metrolínea	Troncales	414	450	1,7
193	R51	Transpiedecuesta	Colectivo	203	302	6,2
194	R50	Villa San Carlos	Colectivo	532	633	4,2
195	P7	Metrolínea	Pre-Troncal	718	744	1,0
201	R52	Transpiedecuesta	Colectivo	301	418	6,2
202	R53	Transpiedecuesta	Colectivo	212	314	6,3
204	R49	Transpiedecuesta	Colectivo	173	217	3,1
205	AP7	Metrolínea	Alimentadora	151	128	1,9
207	R5A	Unitransa	Colectivo	400	302	5,2
208	Hormiga	Flotax	Colectivo	300	340	2,2

Fuente: A partir de información de Campo y Modelo de Asignación TP

Para el sistema de 60 rutas, el proceso de calibración arrojó un 100% de rutas con GEH inferior a 10 y 77% de ellas con GEH inferior a 5.

En términos del error cuadrático medio entre valor modelado versus observado, el sistema tiene un ajuste del 96 y el porcentaje de error respecto al promedio de las mediciones es 23%.

FIGURA 31. COMPARACIÓN GRÁFICA ACCESOS MEDIOS VS MODELADOS



Fuente: A partir de Modelo de Asignación TP

2.3.1.6. Resultados del escenario de Calibración

La Estimación del Transporte público, calcula una demanda de 16417 viaje con 14% de transferencias y un tiempo medio de viaje cercano a 30 minutos (**Ver Anexo 08. Salidas**).

TABLA 20. INDICADORES GENERALES ASIGNACION TRANSPORTE PÚBLICO

ITEM	VALOR
Viajes	16417
Transferencias	2301
% Transferencias	14%
Longitud Media de Viaje (km)	6.87
Caminata (km)	0.75
Tiempo de Viajes (Min)	29.78
Costos General Medio (\$)	8528

Fuente: A partir de Modelo de Asignación TP

Para los más de 16.000 viajes, el modelo, calcula 18.700 accesos siendo el modo colectivo el mayor participante con 66% de ellos.

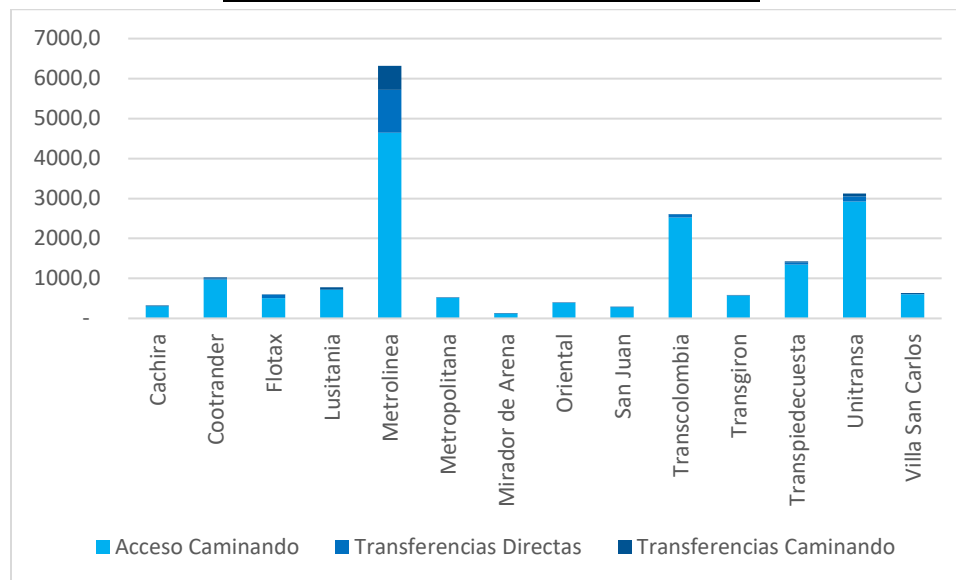
TABLA 21. ACCESOS POR MODO - ASIGNACIÓN TRANSPORTE PÚBLICO

MODO	ACCESO CAMINANDO	TRANSFERENCIAS DIRECTAS	TRANSFERENCIAS CAMINANDO	ACCESOS
Alimentadora	752	112	161	1,024
Colectivo	11,775	409	227	12,410
Pre-troncal	3,093	465	298	3,856
Troncal	799	496	142	1,437
Total general	16,417	1,481	829	18,727

Fuente: A partir de Modelo de Asignación TP

A nivel de empresa y/o operador, las rutas a cargo de Metrolínea acumulan más de 6000 acceso de los cuales el 26% son transferencias.

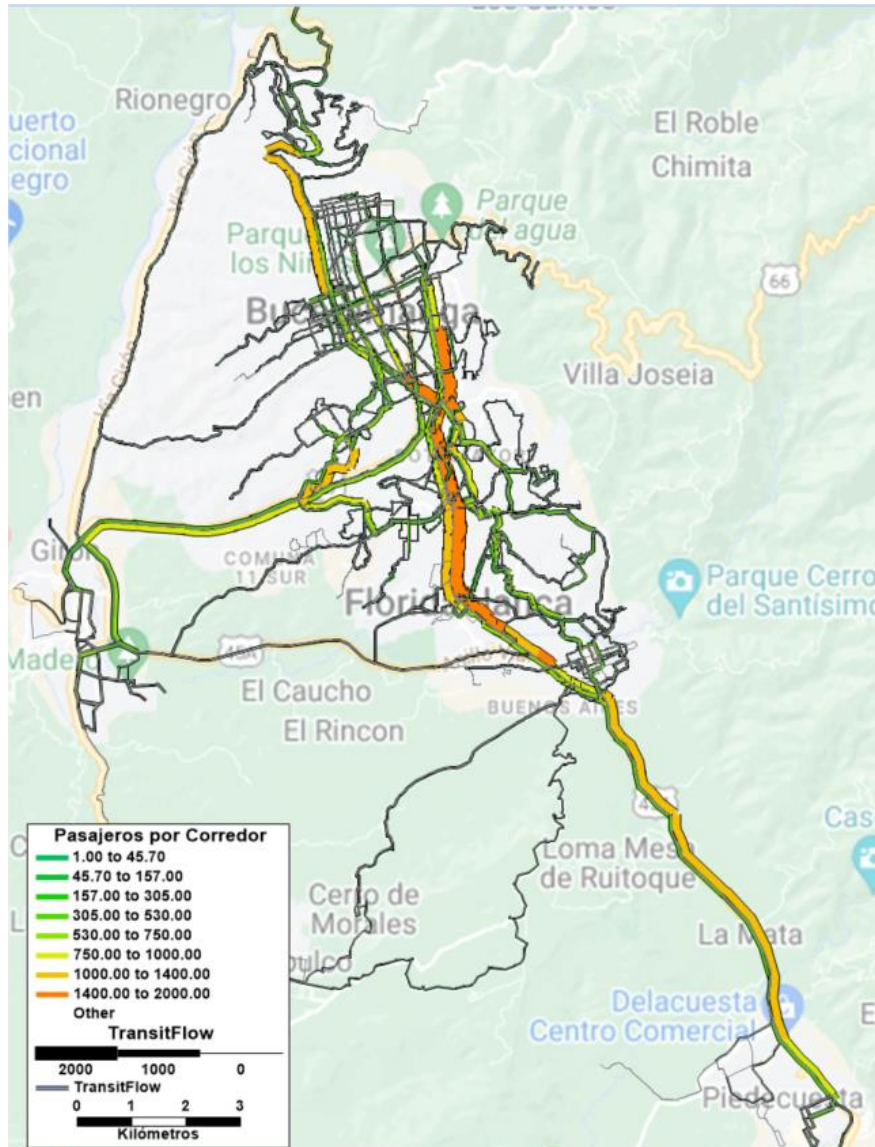
FIGURA 32. ACCESOS POR EMPRESA/OPERADOR



Fuente: A partir de Modelo de Asignación TP

La carga de pasajeros por corredor muestra el alto uso de la Avenida Floridablanca, la Carrera 33 y la Carrera 15 en Bucaramanga. La tendencia de los flujos en el periodo modelado es de Sur a Norte y en General de los Municipios del AMB hacia Bucaramanga.

FIGURA 33. ASIGNACIÓN POR CORREDOR



Fuente: A partir de Modelo de Asignación TP -Fondo Google Maps

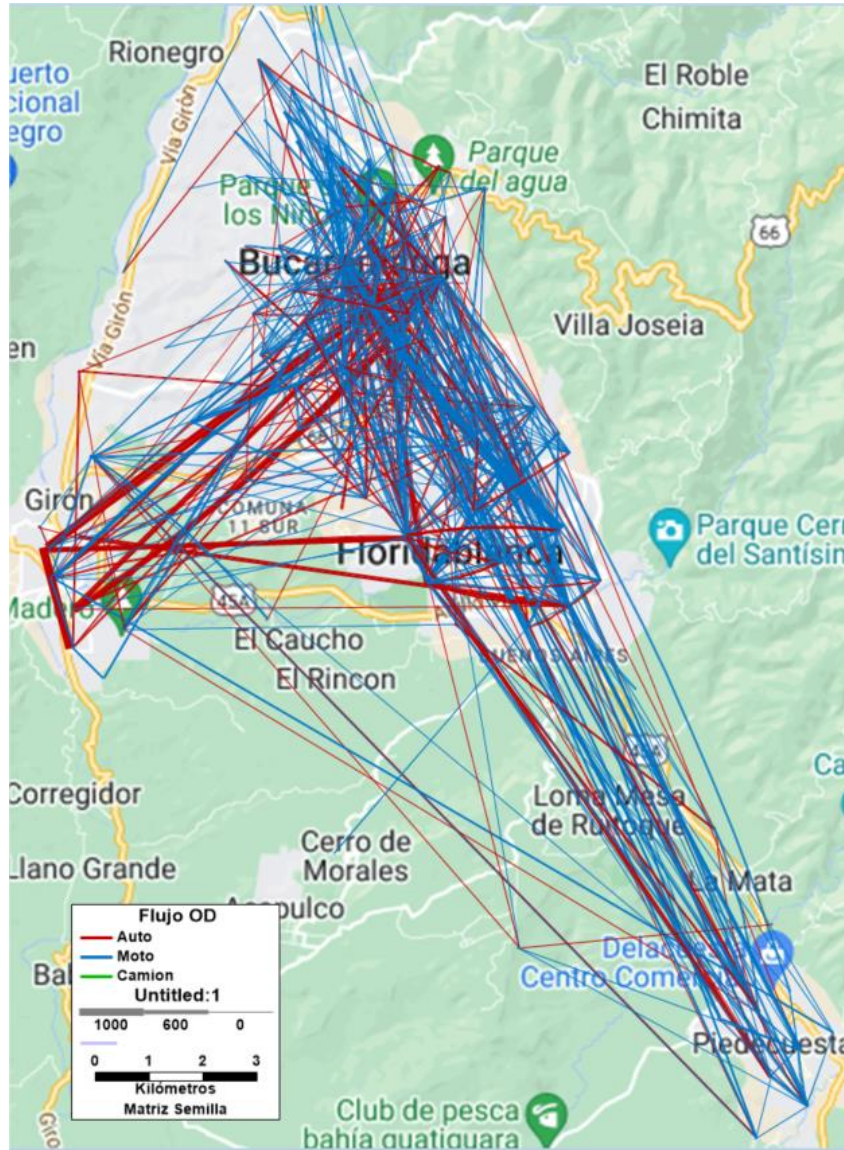
2.3.2. Calibración modelo de Asignación de Tráfico

El proceso de calibración del tráfico vehicular tiene el mismo principio de la calibración del transporte público, en primer lugar, se tiene una demanda semilla, que para el caso se compone de tres matrices O-D autos, motos y camiones la cuales agrupan los siguientes modos:

- La matriz de autos agrupa a vehículos particulares, taxis y vehículos prestadores de servicios publico particular por APP: se ha decidido agrupar de esta manera debido a que, si bien en los conteos se identificaron los taxis, no se podía hacer de igual forma para los autos particulares que prestan servicio público mediante APP y en el modelo de elección estos dos modos forman un solo grupo.

- En el caso de las motos, los conteos no pueden discriminar entre si el uso es particular y el un mototaxi y, para el caso particular del AMB este modo representa un porcentaje importante de participación.
- Para los camiones, se ha considerado una sola matriz, debido a que, a pesar de contar de desagregación por ejes tanto en los conteos como en las encuestas, la muestra de la encuesta es válida para todos ellos.

FIGURA 34. LINEAS DE VIAJE MATRIZ SEMILLA – TRÁFICO



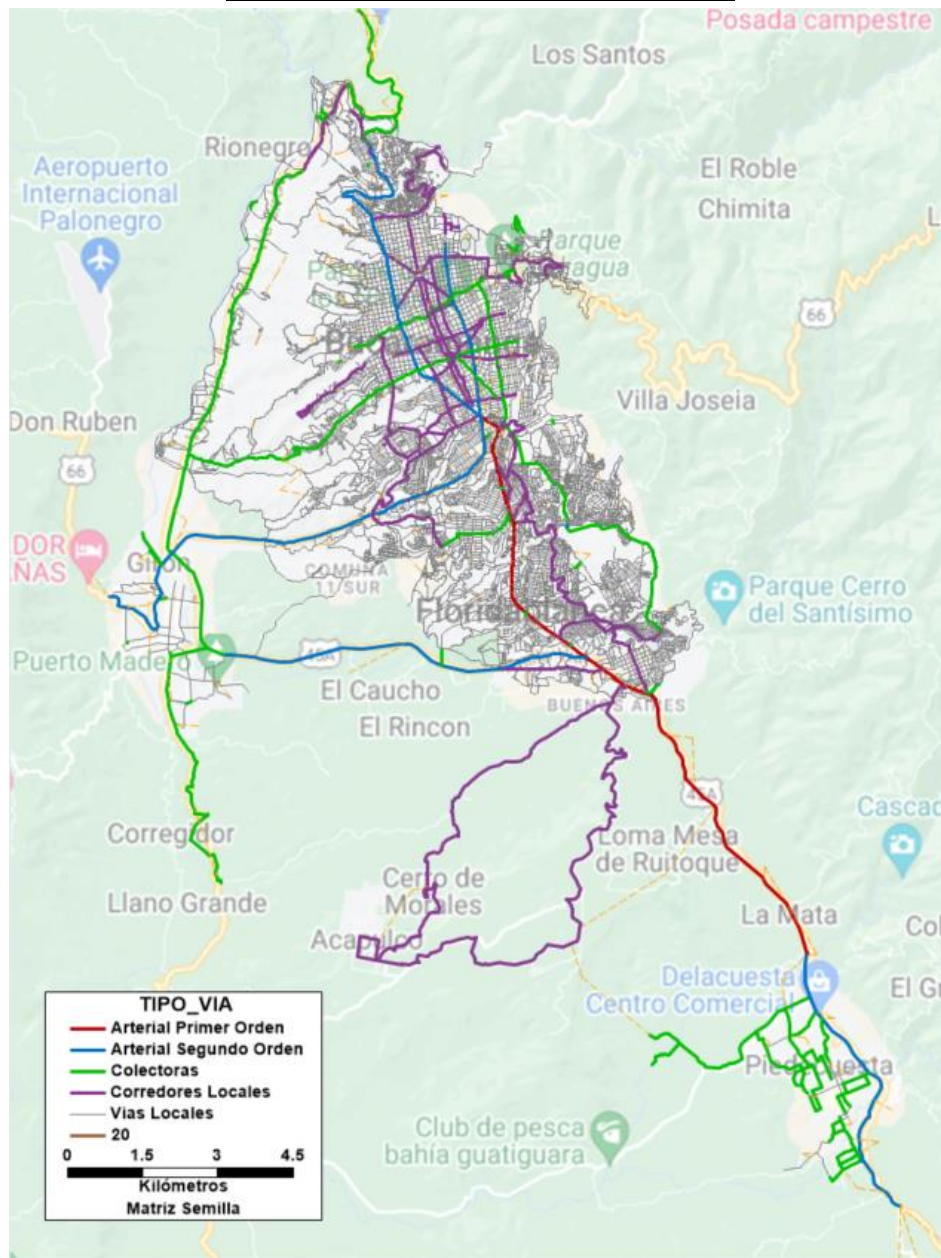
Fuente: A partir de Encuesta O-D

En el ejercicio de calibración del tráfico, el proceso parte de una asignación primaria según lo descrito en el numeral 2.1.4.1, y posteriormente se comparan los resultados de la asignación con los volúmenes medidos en distintos arcos de la red vial y nuevamente, mediante indicadores como el GEH, se puede establecer la fiabilidad de la calibración.

2.3.2.1. Parametrización de la red vial

La parametrización de la red vial, parte también del modelo desarrollado por AMB y se actualizan parámetros de acuerdo con el inventario, en primer lugar, se revisan las tipologías de vía para poder estandarizar los parámetros según su sección y condiciones operativas, de esta manera se definen 5 tipos generales así:

FIGURA 35. CLASIFICACIÓN VIAL DEL MODELO



Fuente: Elaboración propia -Fondo Google Maps

- Arteriales Primer Orden: Vías de alta capacidad que operan a flujo continuo.

- Arteriales de Segundo Orden: Vías de conexión intermunicipal con constantes cruces a nivel y corredores urbanos con prioridad en controles semafóricos.
- Colectoras: Vías que conectan con la malla vial arterial y permiten integrar los flujos locales a los urbanos.
- Corredores Locales: Vías con secciones reducidas pero que cumplen algunas funciones colectoras y suelen tener transporte público.
- Vías Locales: red de penetración y acceso.

Para este conjunto de vías, con base en mediciones de campo y literatura se han definidos los parámetros como velocidad a flujo libre, capacidad y constantes de calibración flujo demora de la siguiente forma:

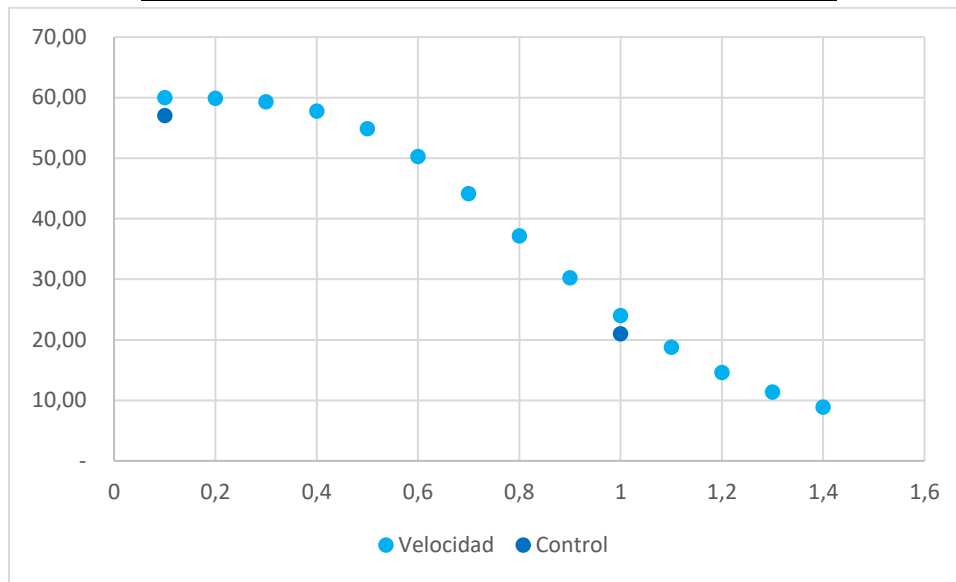
TABLA 22. PARÁMETROS SEGÚN TIPO DE VÍA

TIPO DE VÍA	VELOCIDAD FLUJO LIBRE	CAPACIDAD – CARRIL	ALFA	BETA
Arterial Primer orden	60	1800	1.5	4
Arterial Segundo Orden	50	1200	1.5	4
Colectora	45	1000	1.5	4
Corredor Local	40	800	1.5	4
Local	30	600	1.5	4

Fuente: Elaboración propia

Las constantes alfa y beta, utilizadas dentro de la función de flujo demora (ecuación 13), permiten al modelo una buena adaptación a la velocidad de flujo libre y su disminución en la hora pico, por ejemplo para la Avenida Floridablanca en periodo Valle se registraron velocidad por encima de los 57 km/h y en hora pico velocidades de 21 km/h con lo que se espera un reducción por efecto de ocupación superior al 60% de la velocidad, de esta manera la curva propuesta se adapta a este comportamiento, esperando un bajo impacto en la velocidad mientras la ocupación es inferior al 40% y pasado este punto de inflexión se presenta una reducción permanente en la velocidad.

FIGURA 36. RELACIÓN OCUPACIÓN – VELOCIDAD – VÍAS TIPO 1



Fuente: Elaboración propia a partir datos de campo

Debido a las posibles variaciones en las mediciones, para todas las categorías se ha decidido tomar como velocidad a flujo libre valores redondeados a 5 km/h.

2.3.2.2. Estimación de la demanda

Mediante el uso iterativo del modelo de asignación, el proceso de estimación modifica los valores de pares O-D de las matrices de Autos Buses y Camiones, con lo que buscar converger hacia los valores medidos.

De la toma de información de campo se agregaron los datos en 36 flujos por acceso, dispuestos en distintos puntos de la red:

TABLA 23. FLUJOS POR ACCESO

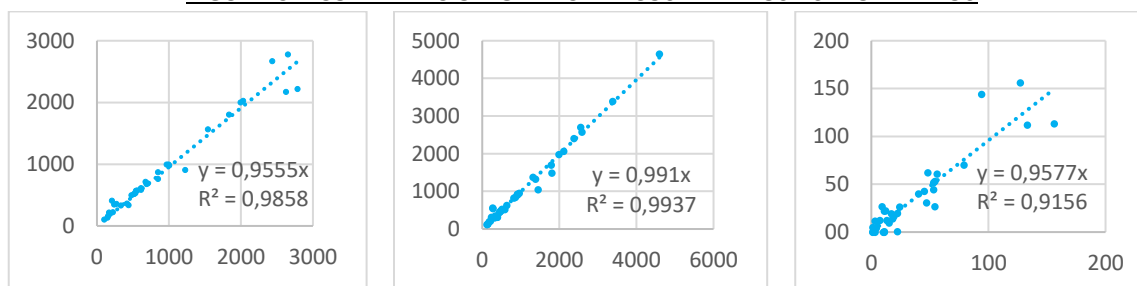
ARCO	SENTIDO	AUTOS			MOTOS			CAMIONES		
		OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH
2113	1	335	334	0.1	499	497	0.1	22	19.5	0.5
2113	2	212	408	11.1	268	558	14.3	11	22.0	2.7
4868	1	708	691	0.6	633	631	0.1	156	113.3	3.7
4868	2	972	995	0.7	911	928	0.6	133	111.8	1.9
4869	1	2031	2025	0.1	2384	2403	0.4	79	70.1	1.0
4869	2	2654	2777	2.4	2555	2708	3.0	53	44.3	1.3
6666	2	1006	980	0.8	2117	2070	1.0	24	26.3	0.4
6824	1	613	613	0.0	1386	1324	1.7	18	14.0	1.0
7655	1	996	996	0.0	1314	1381	1.8	56	60.7	0.6
7656	2	1543	1566	0.6	1987	1983	0.1	19	16.8	0.5
7657	2	2439	2667	4.5	4595	4648	0.8	48	62.1	1.9
9310	1	516	518	0.1	440	431	0.4	10	0.0	
9310	2	168	217	3.6	178	197	1.4	4	4.2	0.1
10124	2	1228	910	9.7	1811	1486	8.0	45	42.7	0.3
10771	2	850	869	0.6	588	523	2.7	12	22.4	2.5
10842	1	242	349	6.2	237	317	4.8	1	5.0	2.3
10853	1	560	573	0.6	959	949	0.3	54	53.1	0.1
11328	2	482	500	0.8	460	461	0.0	17	19.2	0.5
11352	1	677	717	1.5	342	350	0.4	7	12.1	1.7
11469	2	158	162	0.3	124	124	0.0	1	0.1	1.2
11475	1	443	339	5.3	395	316	4.2	11	0.0	
11476	1	225	224	0.1	145	141	0.3	1	0.0	
11878	2	543	572	1.2	822	825	0.1	9	26.7	4.2
11955	1	613	604	0.3	920	909	0.4	47	30.7	2.6
11959	1	273	360	4.9	278	545	13.2	3	11.5	3.2
11960	2	1835	1806	0.7	1791	1704	2.1	22	0.5	6.4
11962	2	525	523	0.1	515	531	0.7	5	10.8	2.1
11963	1	851	765	3.0	858	847	0.4	54	26.5	4.3
12741	2	691	681	0.4	473	477	0.2	13	12.2	0.2
12779	2	2788	2219	11.4	1453	1043	11.6	15	9.5	1.6
12903	2	418	365	2.7	321	295	1.5	3	0.0	
12904	2	616	584	1.3	390	317	3.9	11	0.7	4.3
16046	1	1995	2002	0.2	2590	2578	0.2	94	144.2	4.6
16046	2	2628	2173	9.3	3386	3392	0.1	127	156.3	2.5
17075	1	148	133	1.3	137	129	0.7	40	40.0	0.0
17075	2	102	102	0.0	213	213	0.0	53	51.8	0.2

ARCO	SENTIDO	AUTOS			MOTOS			CAMIONES		
		OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH	OBS	MOD	GEH
<5 %				83%			89%			86%
<10%				94%			92%			89%
Total		33084	32320	4.2	38475	38231	1.2	1278	1241	1.0

Fuente: A partir datos de campo – modelo de Asignación

A nivel de GEH (Formula estadística), el modelo ajusta con valores de GEH menor a 5 en el 83% para autos, 89% para motos y 86% para camiones, con GEH inferior a 10 se tiene 94% para autos 92% para motos y 86% para camiones. En cuanto al error cuadrático el ajuste del modelo autos es 98%, motos 99% y camiones 91%. El porcentaje medio con respecto al error es del 17%, 11% y 46%. Los valores por error cuadrático de los camiones son altos, pero es normal que suceda esta situación debido a que las mediciones son bajas.

FIGURA 37. COMPARACIÓN GRÁFICA ARCOS MEDIDOS VS MODELADOS



Autos

Motos

Camiones

Fuente: A partir datos de campo – modelo de Asignación

2.3.2.3. Resultados del escenario de Calibración – tráfico

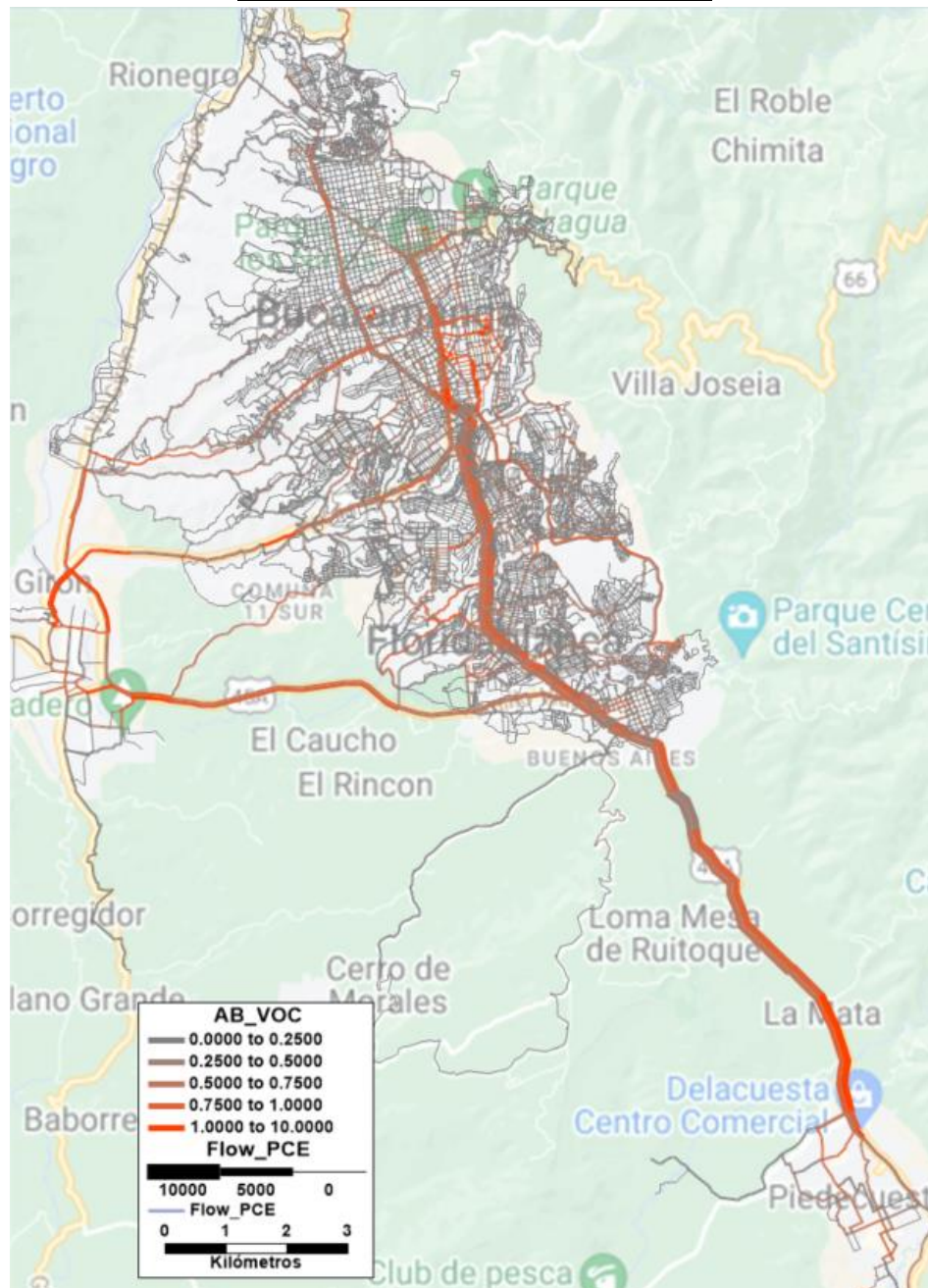
Para la hora de máxima demanda, se estima que la red vial del AMB moviliza 92.118 vehículos, diferentes al transporte público, de los cuales 42% son autos, 57% motos y 1% camiones.

TABLA 24. ESCENARIO DE CALIBRACIÓN – TRÁFICO

MEDIO	PCE	DEMANDA	VHT (H)	VMT (KM)	TIEMPO MEDIO (MIN)	DISTANCIA MEDIA (KM)
Auto	1	38302	10746	241969	16.8	6.3
Moto	0.5	52852	12674	298708	14.4	5.7
Camión	2.5	964	473	14570	29.5	15.1

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 38. FLUJO POR ARCO – OCUPACIÓN



Fuente: Modelo de Asignación

2.4. Modelo de Cuatro Etapas

La construcción del modelo de Cuatro etapas, parte de contar con la identificación modelada de la demanda desde la asignación, buscando que las etapas previas expliquen la generación – atracción, la distribución y la elección modal. Para este procedimiento se tiene como información semilla las matrices calibradas desde la asignación, y particularmente como variables explicativas, para la generación y atracción la población y el área construida por usos del suelo, en el caso de la distribución las impedancias entre

zonas y para el modelo de selección la principal información es la encuesta de preferencias declarada (Ver Anexo 04. Modelos).

2.4.1. Modelo de Generación - Atracción

En la primera etapa del modelo de transporte, se debe tomar la información sociodemográfica de la ciudad de Bucaramanga para encontrar los drivers de generación y atracción de viajes (Ver Anexo 09. Tablas). Tradicionalmente, existe una relación empírica en el espectro urbano que relaciona la creación de los viajes con las dinámicas demográficas y residenciales, por cuanto en la dinámica de ellos hogares se sitúa los orígenes de la mayoría de los viajes en una ciudad. En esta medida, se plantea un modelo econométrico que relaciona la generación por motivo de viaje (trabajo y otros motivos) con la población de Bucaramanga. En este caso, se tiene información relacionada con las ZATs de la ciudad, que evidencian el número de habitantes de cada zona, que se vincula con la información derivada de este estudio a partir de las encuestas de hogares, que permiten dirimir la cantidad de viajes que surgen de cada ubicación geográfica. En relación con la atracción, esta se vincula en gran medida con las actividades que cada persona debe realizar a lo largo del día, que se dividen en gran medida en acciones relacionadas con el trabajo y otros motivos. En esta medida, los centros “atractores” de estas actividades son los comercios, servicios e industrias, que fundamentalmente explican la actividad laboral, mientras que otras como salud y educación (se incluyen en la categoría dotacional), muestran el resto de grandes actividades que realiza la ciudadanía en su quehacer diario.

En la siguiente tabla se muestran los datos asociados a estas estimaciones para la calibración de los modelos de generación y atracción por motivo de viaje. En primera instancia, se puede apreciar, que todos los modelos tienen un R2 que genera un amplio poder explicativo en cada modelo. En cada caso, más del 60% de la variación del modelo se entiende por las variables explicativas, pero en niveles que no son tan altos como para evitar problemas como la multicolinealidad (en los modelos de atracción). Todas las variables tienen los signos esperados y son estadísticamente significativas para al menos el 90% de confianza, salvo la variable atractora industrial, que no es significativa en ningún modelo.

TABLA 25. RESULTADOS MODELOS DE GENERACIÓN Y ATRACCIÓN

Variable Dependiente:	Generación Trabajo	Generación Otros	Atracción Trabajo	Atracción Otros
Dotacional			0.0128*** (0.00326)	0.0110*** (0.00273)
Comercio y Servicios			0.00853*** (0.000818)	0.00727*** (0.000685)
Industrial			0.00150 (0.00113)	0.000520 (0.000949)
Población	0.0316*** (0.00422)	0.0100* (0.00511)	0.0211*** (0.00500)	0.0188*** (0.00419)
Salud			0.0238* (0.0131)	0.0247** (0.0110)
Área Total	0.000658*** (0.000136)	0.00110*** (0.000165)		
Observaciones	157	157	157	157
R ²	0.761	0.614	0.630	0.644

Errores estándar en paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Encuesta de Hogares y Simulación de Autores

2.4.2. Modelo de distribución

Con modelo de distribución se obtienen las matrices de viajes a partir de los vectores de generación y atracción (. Para establecer la relación de viajes, se usa un modelo de gravedad con en el que se relacionan los viajes generados y atraídos por una zona co una función de impedancia.

$$V_{ij} = G_i \times A_j \frac{f(d_{ij})}{\sum A_i \cdot f(d_{ij})}$$

V_{ij} = Viajes entre zona i y zona j.

G_i = Viajes producidos en la zona j.

A_i = Viajes atraídos por la zona j.

F(d_{ij}) = Función de impedancia entre zona i y zona j.

La función de impedancia más apropiada para el modelo del AMB tiene la forma de potencial inversa.

$$f(d_{ij}) = d_{ij}^{-1.262}$$

.d_{ij} = Impedancia entre zona i y zona j, en este caso el tiempo en vehículo particular.

Debido a que la función de impedancia no explica completamente la relación de viajes entre zonas, se agrega al modelo de distribución una matriz de fricción.

2.4.3. Modelo de Selección Modal

El modelo de transporte, en cada una de las cuatro etapas especificadas para su reproducción, se alimenta de funciones de demanda de los distintos modos de transporte. Para tal fin, en la primera fase del estudio, se realizó una encuesta de preferencias declaradas, con el fin de estimar la disponibilidad a pagar de los usuarios de transporte, y de esta forma, parametrizar el valor subjetivo del tiempo y las funciones de utilidad de la demanda para cada modo, por segmento socioeconómico y por motivo de viaje. De este ejercicio, se extrajeron 483 observaciones distribuidas en los 4 segmentos socioeconómicos preestablecidos (segmento 1: estratos 1 y 2, segmento 2: estrato 3, estrato 4 y segmento 3: estratos 5 y 6). En esta etapa del estudio, entonces, se definen los parámetros de demanda que se usan en el modelo de transporte con base en la encuesta de preferencias declaradas.

En el ejercicio de preferencias declaradas, se exploró la reacción de las personas entrevistadas ante ocho escenarios hipotéticos. Se debía escoger el modo preferido (carro, moto, taxi, bus, Metrolínea) ante distintas configuraciones de precios por el uso del modo y el tiempo de viaje por motivo del viaje (trabajo u otro) y se separó en la encuesta de acuerdo con la respuesta previa de los encuestados en relación con la longitud de su viaje. El ejercicio hipotético plantea la elección de un único modo entre una gran cantidad de alternativas, por lo que la función de utilidad del individuo, que sirve de aproximación a su función de demanda de transporte, no depende de una decisión entre dos sino entre varias alternativas mutuamente excluyentes. Así, los modelos econométricos que se estiman en esta etapa del estudio permiten capturar los parámetros de interés en un escenario en el que los individuos deben elegir una opción entre muchas alternativas. En este caso, los parámetros de interés son, por un lado, el costo y el tiempo de viaje y, por otro lado, las constantes modales y los parámetros de diferencia para cada estimación por modo, segmento socioeconómico y motivo de viaje.

Para cada uno de los individuos entrevistados, en el ejercicio de preferencias declaradas, se exploró su reacción ante escenarios hipotéticos citados al azar, en el que escogió el modo preferido ante distintas configuraciones de precios por el uso del modo y el tiempo de viaje. El ejercicio hipotético plantea la elección de un único modo entre una gran cantidad de alternativas, por lo que la función de utilidad del individuo no depende de una decisión dicotómica sino multinomial. La función de utilidad asociada con este tipo de decisiones múltiples mutuamente excluyentes y en las que el orden de las alternativas es irrelevante, se denomina Modelo de utilidad aleatoria aditiva y se expresa en la siguiente ecuación:

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- U_{ij} : función de utilidad asociada al individuo i para la alternativa seleccionada j .
- V_{ij} : componente determinístico que depende de los regresores del modelo y parámetros desconocidos.
- ε_{ij} : componente de efectos aleatorios no observados.

Este planteamiento permite enlazar los principios de la teoría microeconómica clásica, en la que la función de demanda indirecta se puede derivar de la maximización de la función de utilidad, sujeta a una restricción presupuestal, y que se expresa en función del precio de la canasta de bienes del consumidor, en este caso, del transporte (Cameron & Trivedi, 2009). El marco econométrico empleado para la estimación de estos modelos se realiza

bajo los modelos logísticos multinomiales, que son una generalización del modelo dicotómico de la función logística. Estos modelos en su versión más general permiten capturar los siguientes efectos:

- La función logística multinomial abre la posibilidad de elegir una opción entre n alternativas discretas.
- La especificación del modelo depende de la naturaleza de las variables explicativas, que se agrupan de dos formas:
 - Regresores específicos al individuo: se refiere a las variables que no dependen de la decisión del agente y permanecen constantes, tales como el sexo, ingresos, nivel educativo, etc.
 - Regresores específicos a las alternativas: el costo de cada modo y el tiempo de viaje, se constituyen en las variables determinísticas de cada alternativa, planteadas en los escenarios hipotéticos del ejercicio de preferencias declaradas.

Cuando el modelo multinomial que se pretende estimar tiene al menos una variable que contenga un regresor específico a las alternativas hipotéticas planteadas, se denomina Logit condicional o Logit mixto. La forma funcional específica de este modelo se expresa a continuación:

$$p_{ij} = \frac{e^{(x'_{ij}\beta + z'_i\gamma_j)}}{\sum_{l=1}^m e^{(x'_{il}\beta + z'_i\gamma_l)}}$$

Donde:

- x_{ij} : regresores específicos a cada alternativa, para este caso, costo para los distintos modos (Metrolínea, Bus, Carro, Moto y Taxi)
- z_{ij} : regresores específicos de cada individuo (grupo de ingreso, edad, sexo, etc.)
- γ_j : uno de los coeficientes debe fijarse en cero, para evitar la “trampa de la variable dicótoma”⁶.
- La probabilidad condicionada de elegir alguna alternativa se supone independiente de las demás, por lo que esta especificación supone lo que se denomina en la literatura la “independencia de alternativas irrelevantes”.

Teniendo en cuenta estos supuestos, se realiza la estimación del modelo Logit condicional para los datos de preferencias declaradas, en el programa estadístico Stata 17 (Cameron & Trivedi, 2010). Para poder estimar la rutina asociada a esta especificación, los datos originales obtenidos en la encuesta tuvieron que ser transformados de su versión ‘ancha’ a su versión ‘larga’. En términos prácticos, en la versión bruta de los datos, se contaba con vectores de respuesta por individuo para cada una de las alternativas hipotéticas, tal como se muestra en el siguiente diagrama:

⁶ Fenómeno econométrico en el que se especifican tantas variables como categorías cuando estas son discretas, por lo que se puede generar un vector completo de 1, con lo que se generaría multicolinealidad perfecta y no se podría estimar el modelo.

TABLA 26. FORMA ANCHA DE LOS DATOS DE ENCUESTA DE PREFERENCIAS DECLARADAS

Usuario	Tiempo Alternativa Hipotética Seleccionada	...	Tiempo Alternativa Hipotética Seleccionada	Costo Alternativa Hipotética Seleccionada	...	Costo Alternativa Hipotética Seleccionada	Modo seleccionado	...	Modo seleccionado
1	56		15	\$2.600		\$2.700	Bus		Bus
2	47		25	\$2.600		\$2.800	Metrolínea		Bus
3	43		30	\$6.200		\$2.300	Carro		Metrolínea
.									
.									
.									
n	38		20	\$7.800		\$2.400	Carro		Metrolínea

Fuente: Encuesta de Hogares y Simulación de Autores

En el siguiente esquema se ilustran los datos organizados de forma “larga”, necesario para la estimación econométrica. Como se puede apreciar, las observaciones se multiplican, en función del número de modos que se contemplen como alternativa de selección y el número de alternativas hipotéticas que haya seleccionado cada usuario entrevistado (Cameron & Trivedi, 2010).

TABLA 27. FORMA LARGA DE LOS DATOS DE ENCUESTA DE PREFERENCIAS DECLARADAS

Usuario	Alternativa Hipotética	Modo	Tiempo	Costo	Selección Modal
1	1	Bus	15	\$2.300	1
1	1	Metrolínea	25	\$2.300	0
1	1	Carro	40	\$10.500	0
1	1	Moto	20	\$6.500	0
1	1	Taxi	40	\$9.000	0
1	1	Bus	35	\$2.500	0
1	1	Bus	40	\$1.700	0
...					
1	8	Metrolínea	10	\$2.300	0
1	8	Metrolínea	20	\$2.100	1
1	8	Carro	35	\$8.500	0
1	8	Moto	15	\$5.500	0
1	8	Taxi	35	\$9.000	0

Usuario	Alternativa Hipotética	Modo	Tiempo	Costo	Selección Modal
1	8	Metrolínea	30	\$2.500	0
1	8	Bus	35	\$1.700	0
...					
n	8	Bus	20	\$1.700	1

Fuente: Encuesta de Hogares y Simulación de Autores

Con el fin de capturar los coeficientes relevantes para los segmentos poblacionales que se recrearan en el modelo de transporte, se estimaron modelos para cada segmento socioeconómico (estratos 1 y 2, estrato 3, estrato 4 y estratos 5 y 6), para los motivos de viajes “Trabajo” y “Otros” y un modelo “general”, con el fin de asociar estos parámetros de demanda al modelo de transporte parametrizado en TransCAD en la sección de “partición modal”. En la siguiente tabla se muestran los coeficientes asociados a los regresores específicos de cada alternativa, es decir, los asociados al costo y tiempo de viaje por modo, para cada segmento socioeconómico y por motivo de viaje. Como se puede apreciar, para el coeficiente asociado al costo, este es estadísticamente significativo para el 95% de confianza en todos los casos (en la mayoría es del 99%); para el caso de los coeficientes relativos al tiempo, sólo el segmento 3 no es estadísticamente significativo y genera problemas como la valoración del tiempo. Los segmentos 3 y 4 tienen menos observaciones que los segmentos 1 y 2, debido a que la encuesta no se estructuró para que fuese estadísticamente representativa a nivel segmento.

TABLA 28. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE COSTO Y TIEMPO CON UN LOGIT CONDICIONAL

Variables	General	Trabajo	Otros	Segmento 1	Segmento 2	Segmento 3	Segmento 4
Tiempo	-0.02428	-0.02137	-0.02521	-0.01783	-0.02289	-0.01095	-0.05027
<i>Error</i>	(0.00410)	(0.00523)	(0.00675)	-0.00647	-0.00727	-0.01003	-0.02604
Costo	-0.00021	-0.00019	-0.00023	-0.00017	-0.00019	-0.00011	-0.0006
<i>Error</i>	(0.00002)	(0.00002)	(0.00003)	-0.00003	-0.00003	-0.00004	-0.00011
Valor Tiempo	115.6	112.5	109.6	104.9	120.5	99.5	83.8
Observaciones	9,656	6,072	3,584	4,688	3,260	1,460	248
Pseudo R²	0.024	0.017	0.029	0.014	0.019	0.006	0.271

Niveles de confianza	
	99%
	95%
	90%

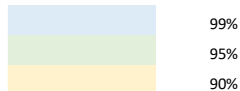
Fuente: Encuesta de Preferencias Declaradas y Simulación de Autores

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las constantes modales para cada estimación por segmento y motivo de viaje. Para la estimación, se asume que el modo base es el auto, por lo que su coeficiente se asume en cero. Todos los coeficientes modales son estadísticamente significativos al 99% de confianza. En los segmentos más altos, se puede notar las constantes modales tienen una predilección mucho más notoria hacia el auto, resultado lógico y coherente con la dinámica de movilidad de la ciudad de Bucaramanga en estos estratos socioeconómicos.

TABLA 29. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE CONSTANTES MODALES CON UN LOGIT CONDICIONAL

Modo	General	Trabajo	Otros	Segmento 1	Segmento 2	Segmento 3	Segmento 4
Auto	Base						
Error							
Bus	-2.28401	-2.13161	-2.41079	-1.92978	-2.14700	-2.29443	-6.11050
Error	(0.12079)	(0.15388)	(0.20384)	(0.18609)	(0.20718)	(0.27354)	(1.02914)
Moto	-1.13750	-0.96939	-1.29874	-0.52200	-0.93889	-1.98607	-21.75395
Error	(0.10543)	(0.13875)	(0.16997)	(0.16561)	(0.18893)	(0.29293)	(0.73348)
Taxi	-2.66603	-2.85781	-2.54003	-3.11950	-2.54670	-2.29507	-3.28260
Error	(0.09570)	(0.12310)	(0.16977)	(0.15834)	(0.16269)	(0.20200)	(0.78171)

Niveles de confianza



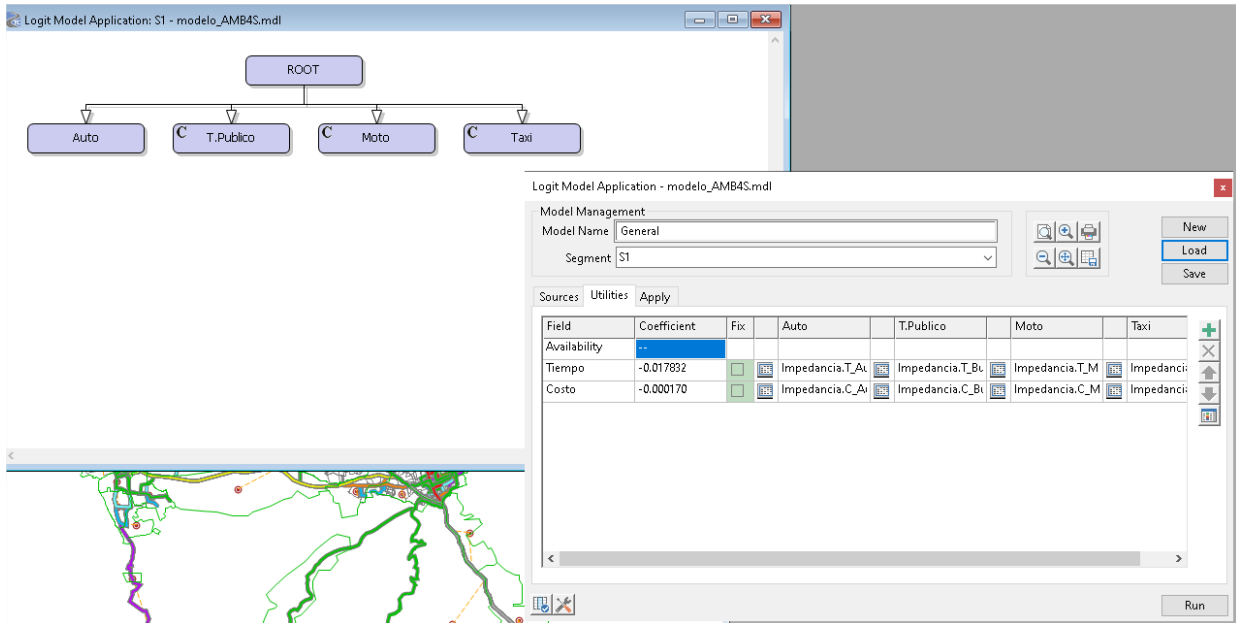
Fuente: Encuesta de Preferencias Declaradas y Simulación de Autores

2.4.3.1. Aplicación en la herramienta

Con el fin de evaluar la bondad de las dos alternativas estimadas, se ha efectuado un ejercicio aplicando las estimaciones de cada una de ellas. Para la aplicación al modelo se ha utilizado la herramienta Logit Model Application de Transcad, en donde se replica la estructura del Logit Multinomial y se cargan los coeficientes obtenidos en el proceso econométrico

La estructura del modelo logit multinomial en Transcad carga por modo las constantes obtenidas y en la pestaña de utilidad, se definen los coeficientes de los parámetros incluidos en el modelo (costo y tiempo en este caso) así como la fuente por cada modo y parámetro de las impedancias. El modelo replica la misma estructura para 4 segmentos que representan el estrato socioeconómico del origen del viaje, siendo así, segmento 1 estratos 1 y 2, segmento 2 estrato 3, segmento 3 estrato 4 y segmento 4 estratos 5 y 6.

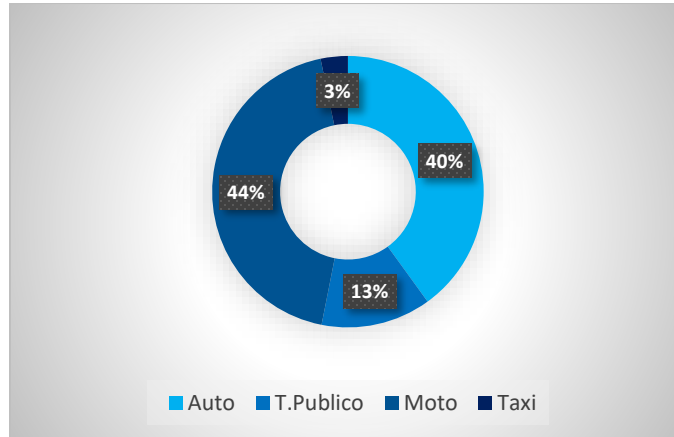
FIGURA 39. ESTRUCTURA DEL MODELO DE ELECCIÓN EN TRANSCAD



Fuente: Modelo transcad

De la matriz de viajes de más de 111.000, la partición muestra 40% de viaje sen auto, 13% en Transporte Público, 44% en moto y 3% en taxi.

FIGURA 40. PARTICIÓN MODAL AGREGADA



Fuente: Modelo transcad

TABLA 30. PARTICIÓN MODAL POR SEGMENTO

MODO	SEGMENTO 1	SEGMENTO 2	SEGMENTO 3	SEGMENTO 4
Auto	10687	14729	10520	8734
T.Publico	4894	5918	2299	1514
Moto	22487	23053	3183	0
Taxi	534	1350	1151	576
Total	38602	45050	17154	10824

Fuente: Modelo transcad

La motocicleta, es el modo más utilizado por el segmento 1 y 2 mientras que e los segmentos 3 y 4 el modo más usado es el automóvil.

FIGURA 41. PARTICIÓN MODAL POR SEGMENTO



Fuente: A partir de Modelo transcad

2.4.4. Modelo de Asignación

La etapa de asignación, como se menciona en la metodología se compone de dos procesos, uno para la asignación de transporte público y dos para asignación del tráfico.

En la integración del modelo, las asignaciones parten de las matrices estimadas en el modelo de Selección modal por lo que difieren de las matrices semilla estimadas para estimar la demanda inicial por modo, sin embargo, dentro del proceso de las 4 etapa se recalibra las matrices para acercar nuevamente los resultados modelados con los medidos.

2.4.4.1. Asignación de Tráfico

Dentro del modelo de asignación de tráfico, se tiene como demanda de entrada varias fuentes de primer lugar el resultado de la elección modal representada en viajes en auto, moto y taxi, en este caso para los viajes en auto, se ha establecido como media de ocupación vehicular 1.53, valor que será divisor de los viajes obtenidos de la etapa 3. Para el caso de los viajes con origen o destino externo, se tiene como matriz de partida la resultante de la calibración solo con los viajes que cumplan esta condición debido a que dentro de las 3 etapas previas a la asignación, estos no han sido considerados.

El modelo de elección entrega 4 matrices (Ver **Anexo 03. Matrices**) de viajes por segmento y modo las cuales son agrupadas por modo y posteriormente se le suma la matriz de viajes externos del modo correspondiente.

$$M_h = \frac{\sum_{i=1}^4 M_{hi}}{Foh} + M_{he}$$

Donde:

Mh = Matriz del Modo H en vehículos

Mhi = Matriz del Modo h segmento i en viajes

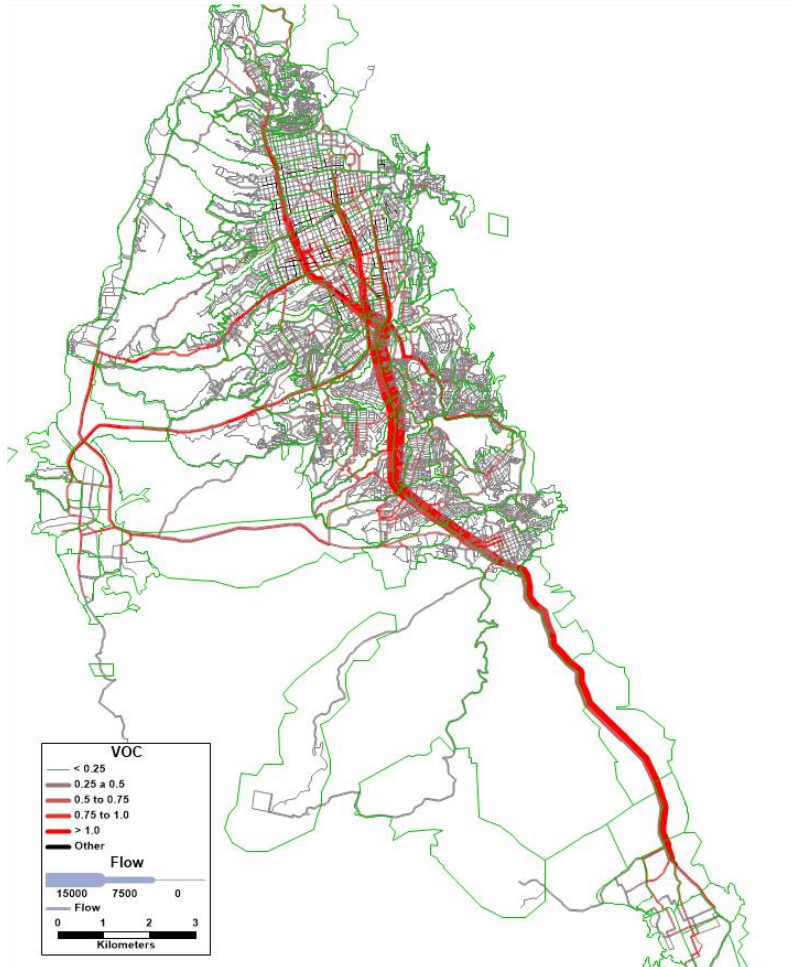
Foh = Factor de ocupación del modo h

Mhe = Matriz de Viajes externos del modo h

El proceso de asignación en la herramienta Transcad utiliza la misma parametrización definida en el numeral 2.3.2.1.

Los resultados de la asignación de tráfico (**Ver Anexo 08. Salidas**) dentro del modelo de 4 etapas se representan en la siguiente figura:

FIGURA 42. ASIGNACIÓN DE TRAFICO MODELO CUATRO ETAPAS AÑO 2021



Fuente: A partir de Modelo transcad

A nivel de Indicadores generales, por modo los resultados son los siguientes.

TABLA 31. INDICADORES GENERALES ASIGNACIÓN DE TRAFICO - 2021

MODO	PCE	DEMANDA	HORAS TOTALES	KILÓMETROS RECORRIDOS	TIEMPO MEDIO (MIN)	DISTANCIAS MEDIA (KM)	VELOCIDAD MEDIA
Taxi	1	3611	711	17048	11.8	4.7	24.0
Moto	0.5	49141	15318	396234	18.7	8.1	25.9
Auto	1	29479	6468	158938	13.2	5.4	24.6
Camión	2.5	924	380	12200	24.7	13.2	32.1
Total		83155	22877	584421	16.5	7.0	25.5

Fuente: A partir de Modelo transcad

2.4.4.2. Asignación de Transporte público

Al igual que la asignación de tráfico la demanda entrante es la sumatoria de las matrices por segmento del modo transporte público obtenidas en la etapa de elección (Ver **Anexo 09. Tablas**).

$$M_{tp} = \sum_{i=1}^4 M_{tpi}$$

Donde:

M_{tp} = Matriz del Modo Transporte público

M_{tpi} = Matriz del Modo transporte público segmento i en viajes

Esta matriz agregada se asigna bajo los mismos parámetros del modelo inicial entregado los siguientes indicadores generales.

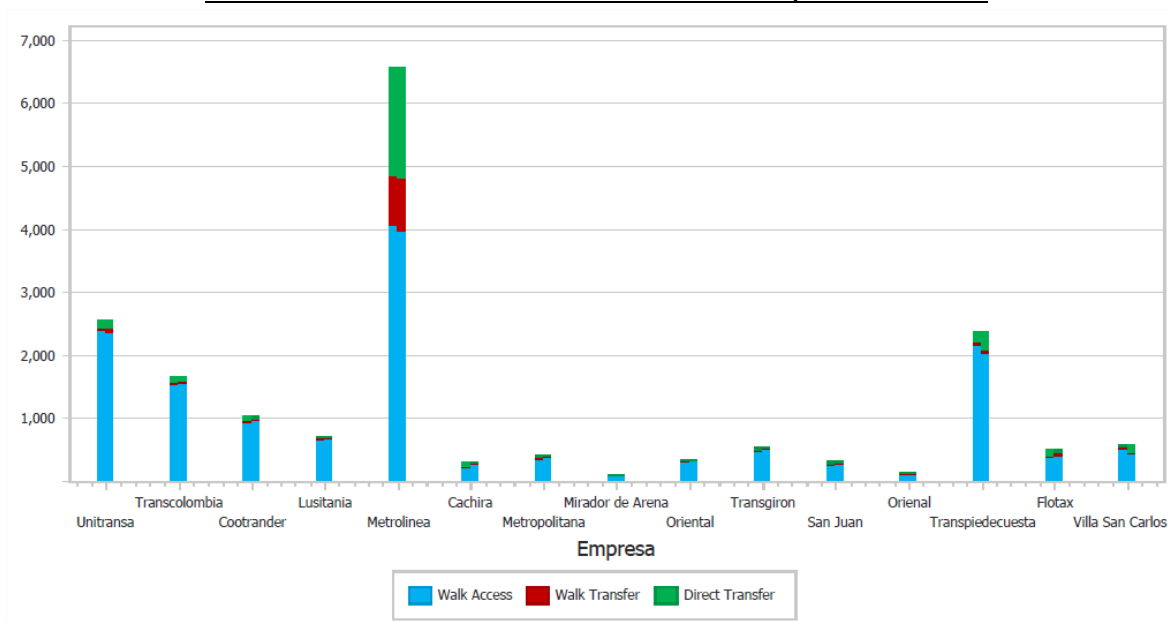
TABLA 32. INDICADORES GENERALES ASIGNACIÓN DE TRAFICO - 2021

DEMANDA (PAS/H)	TRANSFERENCIAS (PAS/H)	% TRANSFERENCIAS	LONGITUD DEL VIAJE		TIEMPO DE VIAJE		COSTO GENERAL (\$/PAS)
			En Vehículo	Caminando	En Vehículo	Caminando	
14,625	3,316	23%	10.4	0.6	21.0	10.6	12,578

Fuente: A partir de Modelo transcad

La mayor parte de los trasbordos reportados se dan dentro de las rutas que operadas por Metrolínea y a su vez es el operador con mayor demanda (**Ver Anexo 08. Salidas**).

FIGURA 43. ASCENSOS Y DESCENSOS POR OPERADOR/EMPRESA - 2021



Fuente: A partir de Modelo transcad

2.5. Proyección del escenario base

El escenario base, corresponde a la situación predominante en el año 2022, la cual incluye un conjunto nuevo de rutas, las cuales entraron en operación en enero del presente año, mientras que las condiciones de la red vial se conservan constantes como en el año 2021.

TABLA 33. RUTAS ESCENARIO BASE

RUTA	MODO	EMPRESA
R1	Colectivo	Unitransa
R15	Colectivo	Transcolombia
R23	Colectivo	Transcolombia
R3	Colectivo	Unitransa
R2	Colectivo	Unitransa
R14	Colectivo	Transcolombia
R21	Colectivo	Transcolombia
R24	Colectivo	Transcolombia
R26	Colectivo	Cootrander
R27	Colectivo	Lusitania
R28A	Colectivo	Lusitania
R28	Colectivo	Lusitania
R33	Colectivo	Cootrander
R41	Colectivo	Lusitania
P10	Rutas Pre-Tronca	Metrolínea
P5	Rutas Pre-Tronca	Metrolínea
AB1	Alimentadora	Metrolínea

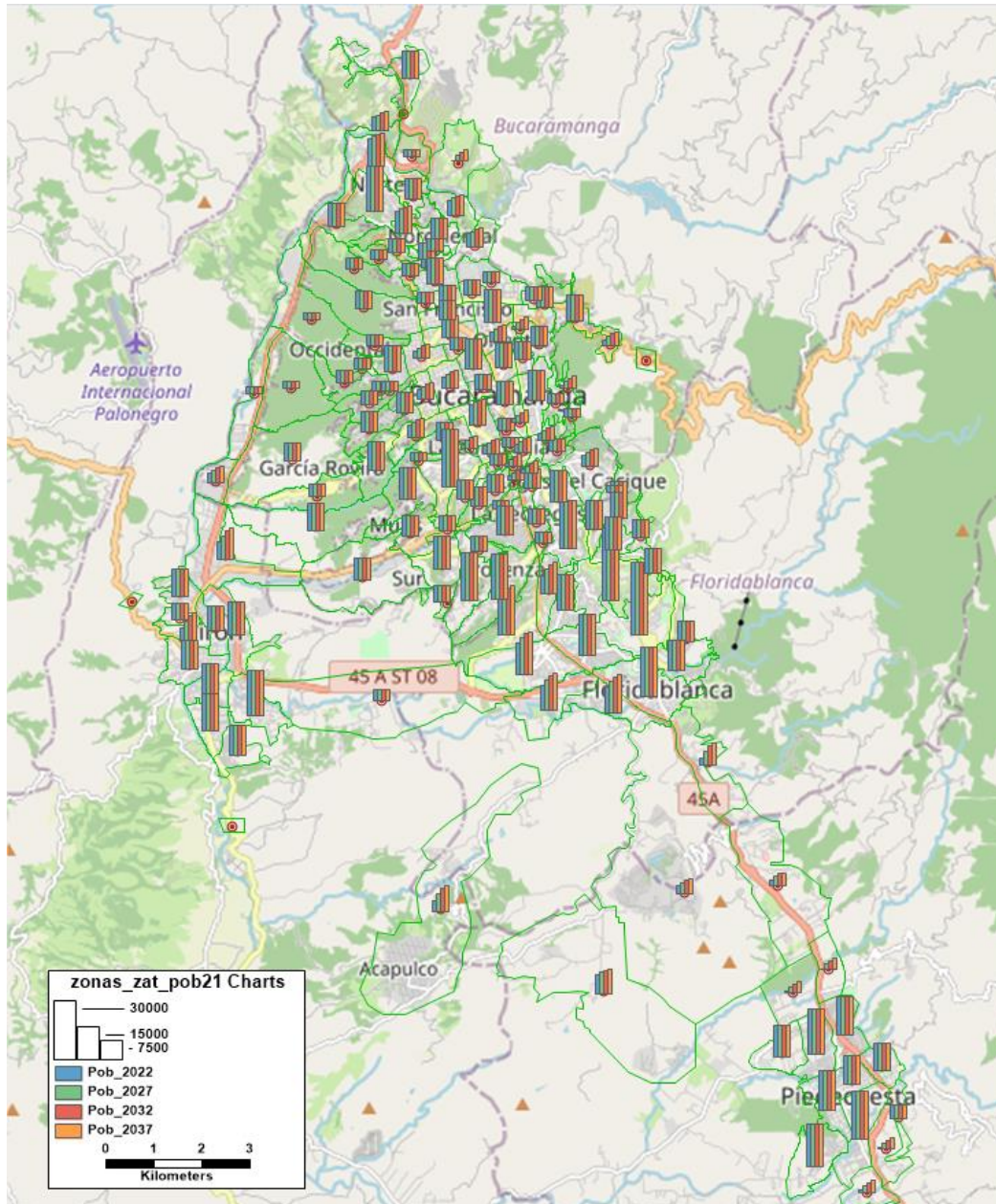
RUTA	MODO	EMPRESA
AN1	Alimentadora	Metrolínea
AN2	Alimentadora	Metrolínea
AP1	Alimentadora	Metrolínea
AP2	Alimentadora	Metrolínea
AP3	Alimentadora	Metrolínea
AP4	Alimentadora	Metrolínea
AP5	Alimentadora	Metrolínea
AP12	Alimentadora	Metrolínea
AP14	Alimentadora	Metrolínea
AC4A	Alimentadora	Metrolínea
AF2B	Alimentadora	Metrolínea
AF1	Alimentadora	Metrolínea
APD4I	Alimentadora	Metrolínea
APD1C	Alimentadora	Metrolínea
R17	Colectivo	Transcolombia
R16	Colectivo	Unitransa
R25	Colectivo	Cootrander
R34	Colectivo	Unitransa
P13	Rutas Pre-Tronca	Metrolínea
T2	Rutas Troncales	Metrolínea
R4	Colectivo	Unitransa
P2	Rutas Pre-Tronca	Metrolínea
RACAPULCO	Colectivo	Cachira
P6	Rutas Pre-Tronca	Metrolínea
R38	Colectivo	Metropolitana
R11	Colectivo	Unitransa
R45	Colectivo	Mirador de Arena
R43	Colectivo	Oriental
R31	Colectivo	Transgiron
R30	Colectivo	Transgiron
R44	Colectivo	San Juan
R39	Colectivo	Oriental
R42	Colectivo	Oriental
R37	Colectivo	Metropolitana
R46	Colectivo	Transpiedecuesta
R44A	Colectivo	San Juan
RCUMBRE	Colectivo	Flotax
R7	Colectivo	Cootrander
T4	Rutas Troncales	Metrolínea
R51	Colectivo	Transpiedecuesta
R50	Colectivo	Villa San Carlos

RUTA	MODO	EMPRESA
P7	Rutas Pre-Tronca	Metrolínea
R52	Colectivo	Transpiedecuesta
R53	Colectivo	Transpiedecuesta
P8	Rutas Pre-Tronca	Metrolínea
R49	Colectivo	Transpiedecuesta
AP7	Alimentadora	Metrolínea
R5A	Colectivo	Unitransa
RHORMIGAA	Colectivo	Flotax
R32	Colectivo	Transgiron

Fuente: A partir de informacion AMB

En consecuencia, aparte del cambio de rutas, e materia de oferta, el escenario base no sufre modificaciones respecto de la situación modelada para el año 2021, sin embargo, en cada horizonte de debe proyectar el crecimiento de la demanda siendo el principal insumo la proyección de la población

FIGURA 44. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN POR ZAT



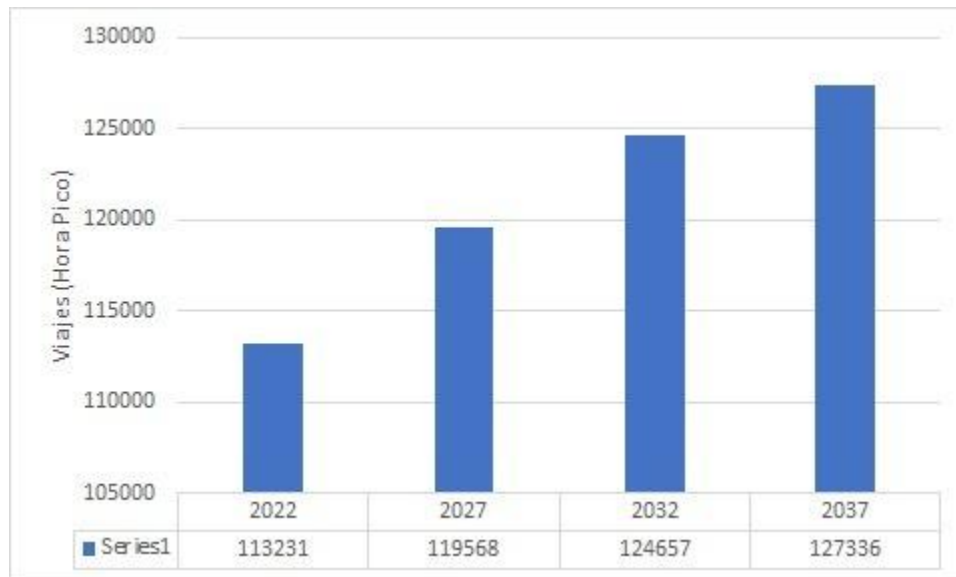
Fuente: Equipo de Urbanismo

De acuerdo con las proyecciones de crecimiento por ZAT, en las zonas consolidadas, no se espera un crecimiento abrupto de la generación, en general, se espera que, en el mediano plazo, los viajes tienda a crecer desde la periferia dado que en esta zona se encuentran las mayores áreas de expansión.

Para estimar la demanda futura dentro del modelo de cuatro etapas, se parte del cálculo de la generación y atracción de los viajes con base en las variables explicativas, como lo son la población y las áreas por uso de suelo: para cada horizonte se tienen distintas proyecciones de estas variables y en consecuencia una variación acotada de los viajes. Los

horizontes de proyección son 2022, 2027, 2032 y 2037 teniendo el siguiente crecimiento de viajes para la hora de modelación.

FIGURA 45. PROYECCIÓN DE VIAJES PARA LA HORA PICO

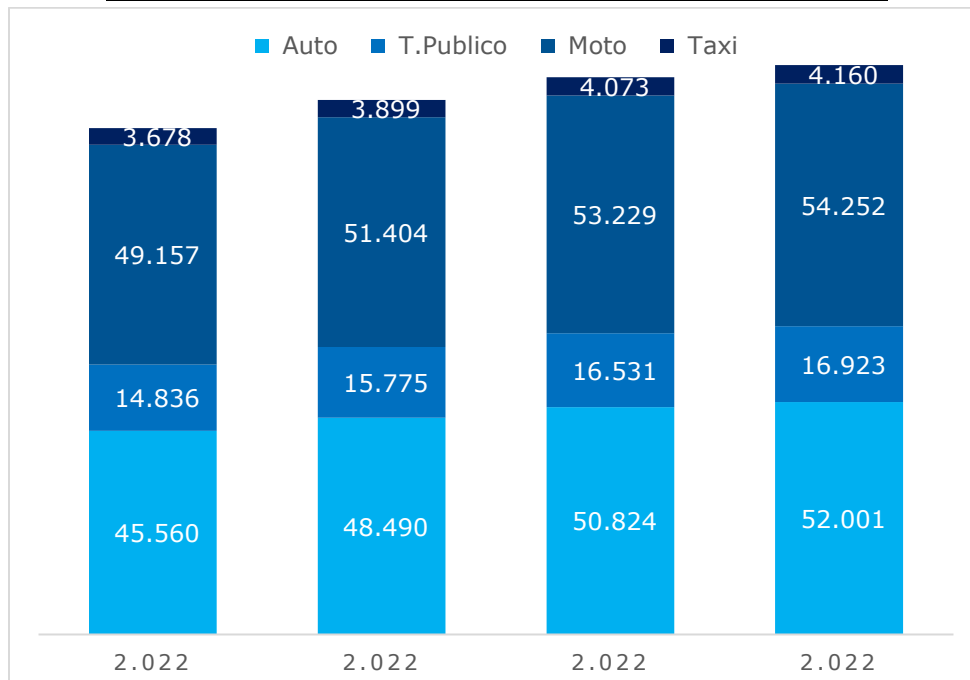


Fuente: A partir de Modelo de Generacion – Atracción

En los siguiente 15 años, si bien la demanda de viajes puede crecer más que la población, en la hora pico su crecimiento será del orden de 0.79% anual. Pasado de 112.000 viajes en el año 2021 a más de 127.000 en el año 2037.

Mediante el uso del modelo de gravedad y el modelo de elección se calculan las matrices de viajes por modo y segmento, en el ejercicio de modelación, esta partición se hace por segmento y en la siguiente figura se agregan por modo.

FIGURA 46. PARTICIÓN MODAL – PARA LOS HORIZONTES MODELADOS



Fuente: A partir de Modelo de Elección

A lo largo de los 15 años, el modelo estima un crecimiento por modo de 0.89% para autos, 0.88% para transporte público, 0.66% para motos y 0.82% para taxis.

La asignación de estas matrices de viajes, siguiendo los mismos procedimientos de modelación del año 2021, arrojan los siguientes resultados según sea tráfico o transporte público.

TABLA 34. INDICADORES GENERALES DE LA ASIGACION BASE – TRANSPORTE PÚBLICO

AÑO	2022	2027	2032	2037
Demanda	14836	15775	16531	16923
Transferencias	3763	4,215	4,557	4,728
Abordajes	18599	19990	21087	21651
% Transferencias	25%	27%	28%	28%
Longitud Media Veh (km)	10.5	10.6	10.7	10.7
Caminata Media (km)	0.49	0.51	0.52	0.52
Tiempo Medio Sistemas (min)	40.6	44.5	48.0	49.7
Tiempo Caminata (min)	9.41	9.71	9.88	9.97
Tiempo Medio Viaje (min)	49.99	54.22	57.90	59.69
Costo General Medio	11282	11745	12100	12290

Fuente: A partir de Modelo de Asignación

Entre el año 2021 y 2022 existe una reducción en el costo general mayormente vinculado a la reducción de la caminata producto de la inclusión de las nuevas rutas de Metrolínea, hacia los años siguiente, el costo general vuelve a crecer lentamente, como consecuencia de la ocupación del sistema.

TABLA 35. INDICADORES GENERALES DE LA ASIGACION BASE – TRANSPORTE PÚBLICO

ÍTEM\ AÑO	2022	2022	2022	2022
Motos	48930	51404	53684	54714
Autos	29573	31991	33526	34300
Taxi	3678	3899	4073	4160
Camión	934	973	1006	1021
Total - Demanda	83114	88267	92289	94196
VHT Moto	12412	13564	14769	15255
VHT Auto	5391	6063	6553	6799
VHT Taxi	597	659	710	735
VHT Camión	339	362	384	394
Total, VHT	18738	20648	22415	23184
VKT Moto	405871	432449	461670	472304
VKT Auto	166546	182073	192543	197919
VKT Taxi	18116	19453	20520	21068
VKT Camión	13044	13552	13968	14177
Total, VKT	603577	647527	688701	705468
Velocidad Moto	32.7	31.9	31.3	31.0
Velocidad Auto	30.9	30.0	29.4	29.1
Velocidad Taxi	30.3	29.5	28.9	28.6
Velocidad Camión	38.5	37.4	36.4	35.9
Velocidad	32.2	31.4	30.7	30.4

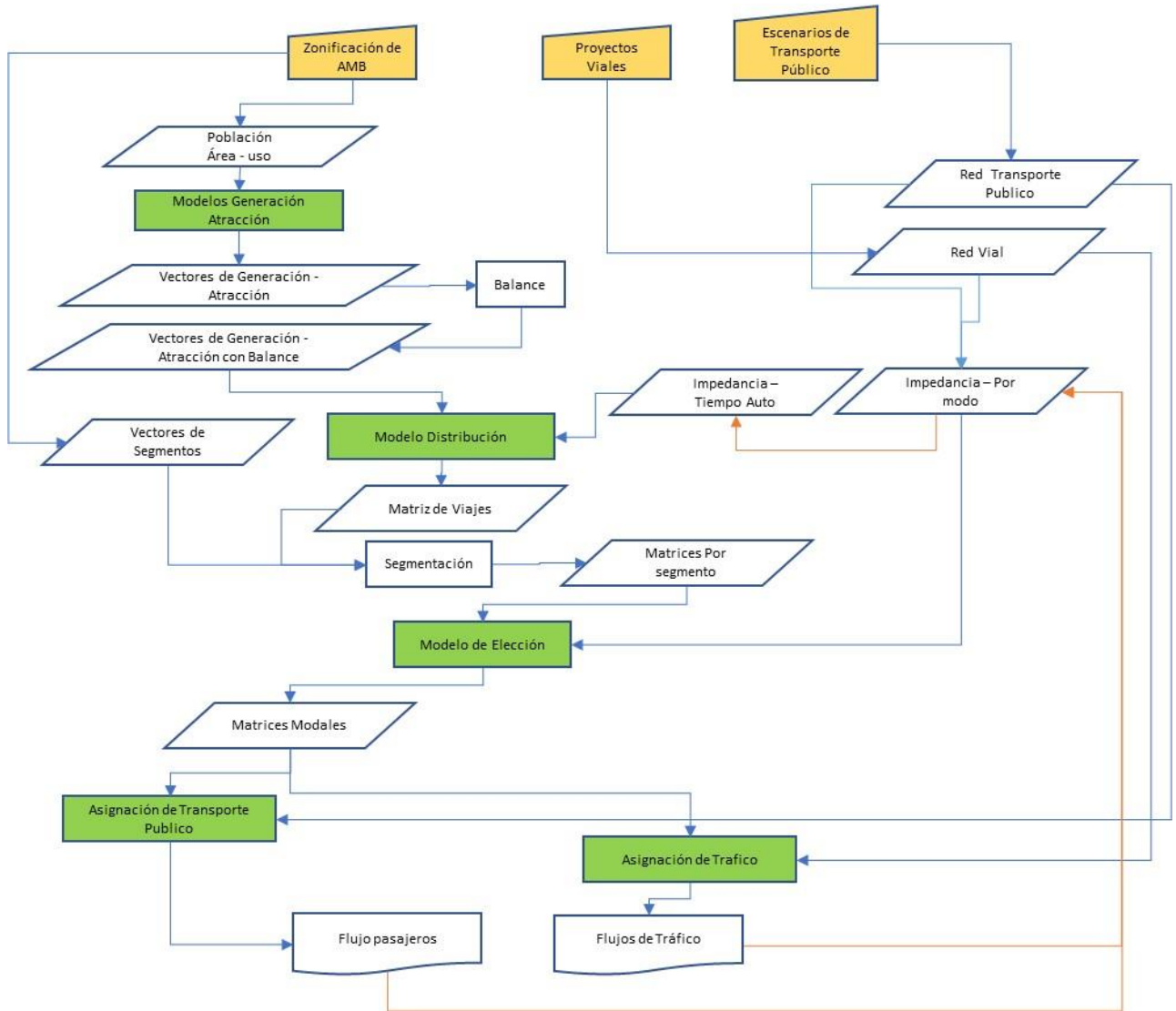
Fuente: A partir de Modelo de Asignación

En materia de tráfico, el incremento acumulado de 13% en el flujo, reduce en 7% de la velocidad en el año 2037 frente al año 2022. Los resultados de la asignación de transporte público y tráfico se incluyen en el **Anexo 8 - Salidas**.

2.6. Evaluación de los escenarios

Para evaluar los impactos de las propuestas viales y de transporte público se pondrá en marcha el modelo, variando dos componentes del proceso, la red vial y la red de transporte público, que tienen un efecto sobre las impedancias de tiempo en el modelo de distribución, tiempo y costo en el modelo de elección y atributos de los modelos de asignación

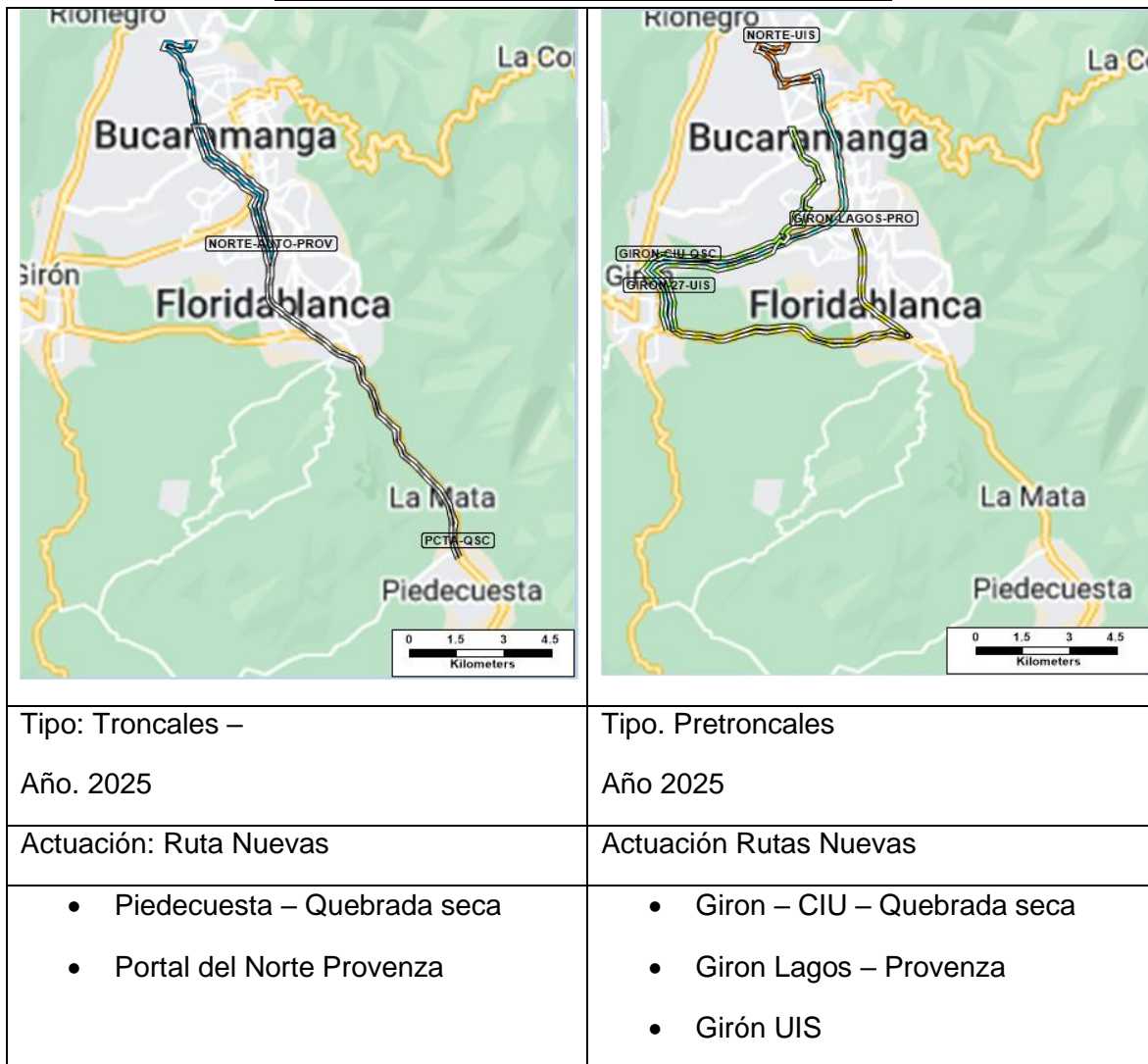
FIGURA 47.FLUJO DEL MODELO PARA EVALUAR PROYECTO



Fuente: Elaboración Propia

Para el caso del transporte público, para el año 2025 se proyecta el ingreso d dos nuevas rutas troncales,

FIGURA 48.VARIACIONES EN EL TRANSPORTE PUBLICO -1



Fuente: A partir de propuesta AMB

FIGURA 49. VARIACIONES EN EL TRANSPORTE PUBLICO -2

<p>Tipo: Pretroncales</p>	<p>Tipo: Alimentadoras</p>
<p>Año 2025</p>	<p>Año 2025</p>
<p>Actuación: Modificación</p>	<p>Actuación Modificación</p>
<ul style="list-style-type: none"> • P10 – Recorte • P13 – Realineamiento • P6- Realineamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • AN1 – Hasta Portal Norte • AN2 – Hasta Portal Norte

Fuente: A partir de propuesta AMB

Para el año 2032 se prevé la puesta en marcha del Cable aéreo, que conecta el Sector de Caracolí y la Comuna Norte con el Portal Norte.

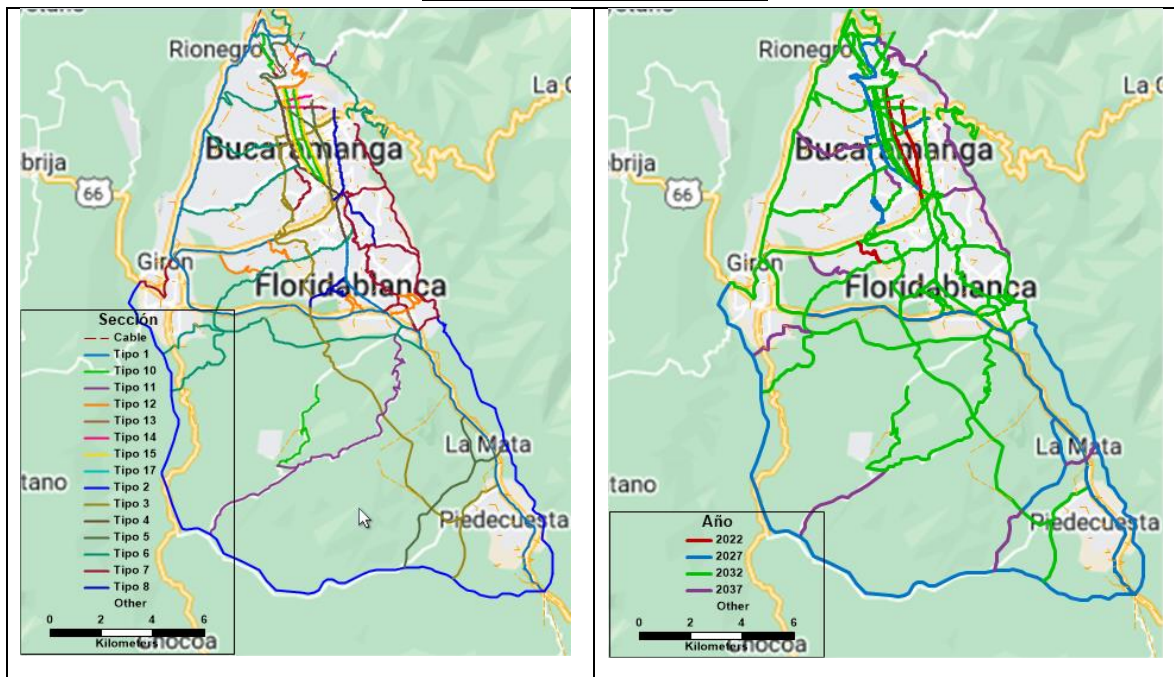
FIGURA 50. VARIACIONES EN EL TRANSPORTE PUBLICO -3 - CABLE



Fuente: A partir de propuesta AMB

En cada corte también se han previsto un conjunto de intervenciones viales que tienen efecto sobre la velocidad y la capacidad de la red vial. En cada corredor se fija un tipo de sección vial a implementar y el año proyectado.

FIGURA 51. PROYECTOS VIALES



Para efecto del modelo, según sea el corte la implementación de una sección vial bien sea producto de modificación o vía nueva plantea la estimación de la capacidad y la velocidad de los arcos viales que se intervienen. El resultado de los proyectos tiene efecto en la partición modal, en la asignación del transporte público y la asignación del tráfico

TABLA 36. PARTICION MODAL – COMPARATIVO CON PROYECTO

Escenario	Base				Con proyecto				Diferencia			
	2,022	2,022	2,022	2,022	2,022	2,027	2,032	2,037	2,022	2,027	2,032	2,037
Año	2,022	2,022	2,022	2,022	2,022	2,027	2,032	2,037	2,022	2,027	2,032	2,037
Viajes Totales	113,231	119,568	124,657	127,336	113,231	119,568	124,657	127,336	-	0	0	0
Partición Por Modo												
Auto	45,560	48,490	50,824	52,001	45,560	48,261	50,570	51,734	-	-229	-254	-267
Público	14,836	15,775	16,531	16,923	14,836	16,486	17,290	17,705	-	711	759	782
Moto	49,157	51,404	53,229	54,252	49,157	50,933	52,736	53,749	-	-472	-493	-503
Taxi	3,678	3,899	4,073	4,160	3,678	3,888	4,062	4,149	-	-10	-11	-12

Fuente: A partir de Modelo de Asignación

En términos de partición modal, existe una ganancia de viajes ha el transporte público, siendo el modo de mayor perdida la motocicleta.

TABLA 37. INDICADORES GENERALES COMPARACIÓN CON PROYECTO– TRANSPORTE PÚBLICO

ESCENARIO	BASE				ESCENARIOS				DIFERENCIA			
	2,022	2,022	2,022	2,022	2,022	2,027	2,032	2,037	2,022	2,027	2,032	2,037
Año	2,022	2,022	2,022	2,022	2,022	2,027	2,032	2,037	2,022	2,027	2,032	2,037
Demanda	14836	15775	16531	16923	14836	16486	17290	17705	0	711	759	782
Transferencias	3763	4,215	4,557	4,728	3,763	4,481	4,842	5,023	0	266	285	295
Abordajes	18599	19990	21087	21651	18599	20967	22131	22729	0	977	1044	1078
km vehículo	11965	12722	13331	13648	11965	12682	12807	13115	0	-40	-524	-533
% Transferencias	25%	27%	28%	28%	25%	27%	28%	28%	0	0	0	0
km- Caminando	11512	12766	13063	14062	11512	13689	13689	15070	0	923	626	1007
Tiempo Viaje Veh	595792	702106	793732	841442	595792	528124	584018	615142	0	-173,983	-209,713	-226,300
Tiempo Caminando	138145	153192	163290	168749	138145	164267	164267	180838	0	11074	977	12088
Tiempo Medio	49.5	54.2	57.9	59.7	49.5	42.0	43.3	45.0	0	-12	-15	-15

Fuente: A partir de Modelo de Asignación

El principal efecto en el transporte público se da en la reducción de los tiempos de viaje gracias a la ampliación de la oferta de transporte disminuyendo hasta en 15 minutos debido principalmente a la reducción del tiempo en el sistema por cuenta de las esperas que producen la congestión.

TABLA 38. INDICADORES GENERALES COMPARACION CON PROYECTO– TRÁFICO

Escenario	Base				Con proyecto				Diferencia				
	Año	2,022	2,022	2,022	2,022	2,022	2,027	2,032	2,037	2,022	2,027	2,032	2,037
Asignación Tráfico													
VHT Moto	12412	13564	14769	15255	12412	13105	13968	13852	0	-459	-801	-1403	
VHT Auto	5391	6063	6553	6799	5391	5916	6628	6628	0	-147	75	-170	
VHT Taxi	597	659	710	735	597	645	728	728	0	-14	18	-8	
VHT Camión	339	362	384	394	339	332	331	332	0	-31	-53	-62	
Total VHT	18738	20648	22415	23184	18738	19997	21654	21540	0	-651	-761	-1643	
VKT Moto	405871	432449	461670	472304	405871	435420	462110	472462	0	2970	441	158	
VKT Auto	166546	182073	192543	197919	166546	180137	193780	199047	0	-1936	1237	1128	
VKT Taxi	18116	19453	20520	21068	18116	19307	20589	21120	0	-147	68	52	
VKT Camión	13044	13552	13968	14177	13044	13524	13905	14234	0	-27	-63	57	
Total VKT	603577	647527	688701	705468	603577	648387	690384	706863	0	861	1683	1395	

Fuente: A partir de Modelo de Asignación

Si bien en materia de tráfico, se incrementa el número de kilómetros recorridos en el año 2037, los tiempos de viaje se reduce debido a la menor congestión de la red completa. A nivel de Ciudad, estas mismas variaciones en tiempos y kilómetros muestran el incremento En el uso de vías alternas que bordean los cascos urbanos y el incremento de los tiempos en la Bucaramanga.

TABLA 39. INDICADORES GENERALES COMPARACION CON PROYECTO– TRÁFICO POR CIUDAD

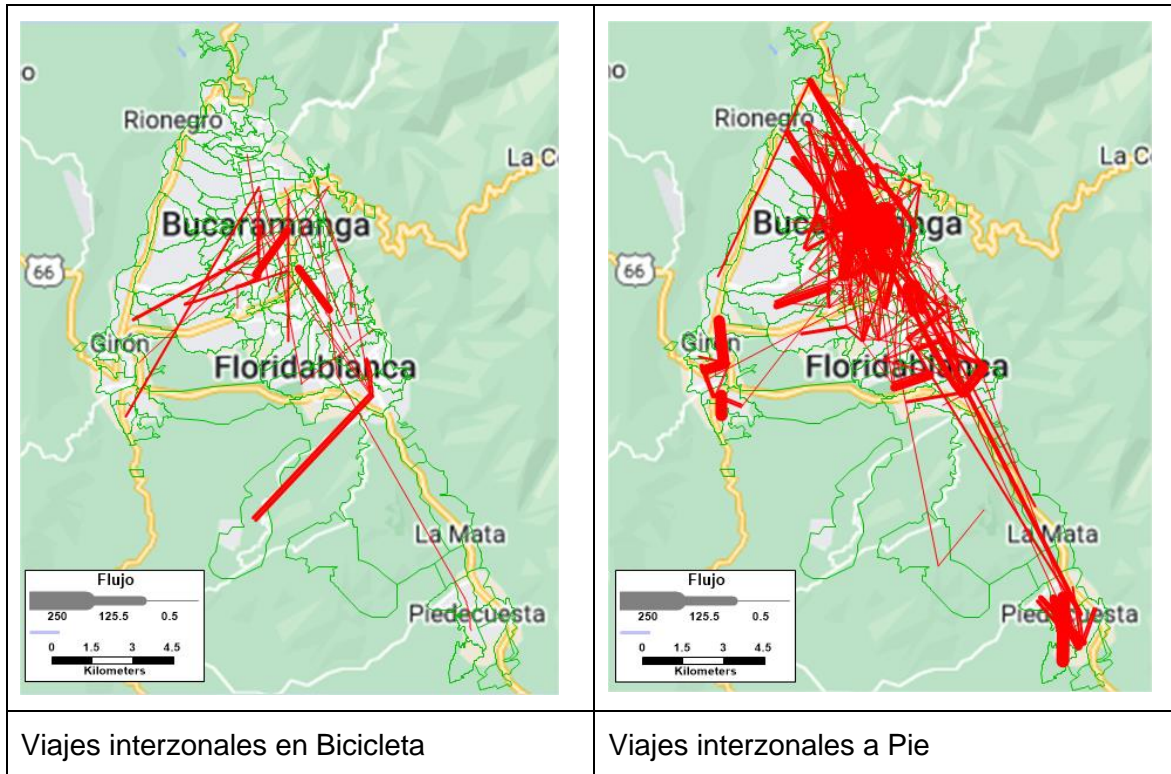
Asignación Por zonas	Escenario Base				Escenario Con Proyectos				Diferencia			
	2022	2027	2032	2037	2022	2027	2032	2037	2022	2027	2032	2037
VHT Otros	1865	2142	2351	2446	1865	2308	2324	2448	0	166	-27	2
VHT Buc	9078	9773	10462	10742	9078	10076	11944	11642	0	303	1482	900
VHT Flo	3848	4311	4685	4852	3848	4262	3950	3940	0	-49	-735	-912
VHT Gir	1534	1691	1844	1937	1534	1615	1606	1629	0	-76	-238	-308
VHT Pie	2412	2732	3073	3206	2412	1737	1830	1881	0	-995	-1243	-1325
Total VHT	18738	20648	22415	23184	18738	19997	21654	21540	0	-651	-761	-1643
VKT Otros	21997	25926	29671	31167	21997	31161	29648	30714	0	5235	-24	-453
VKT Buc	300661	318077	336477	343484	300661	316487	345083	353689	0	-1590	8606	10204
VKT Flo	137245	147577	155873	159256	137245	149431	145177	146911	0	1854	-10696	-12345
VKT Gir	55340	59719	63704	66007	55340	60667	76037	78310	0	948	12333	12303
VKT Pie	88334	96228	102976	105554	88334	90641	94440	97240	0	-5587	-8535	-8314
Total VHT	603577	647527	688701	705468	603577	648387	690385	706863	0	861	1684	1395

Fuente: A partir de Modelo de Asignación

2.7. Modelación de modos activos

Como parte del proceso de modelación, se han construidos las matrices de viajes de peatones y bicicletas a partir de la encuesta de Hogares.

FIGURA 52. LINEAS DE VIAJE BICIS Y PEATONES (HORA PICO)



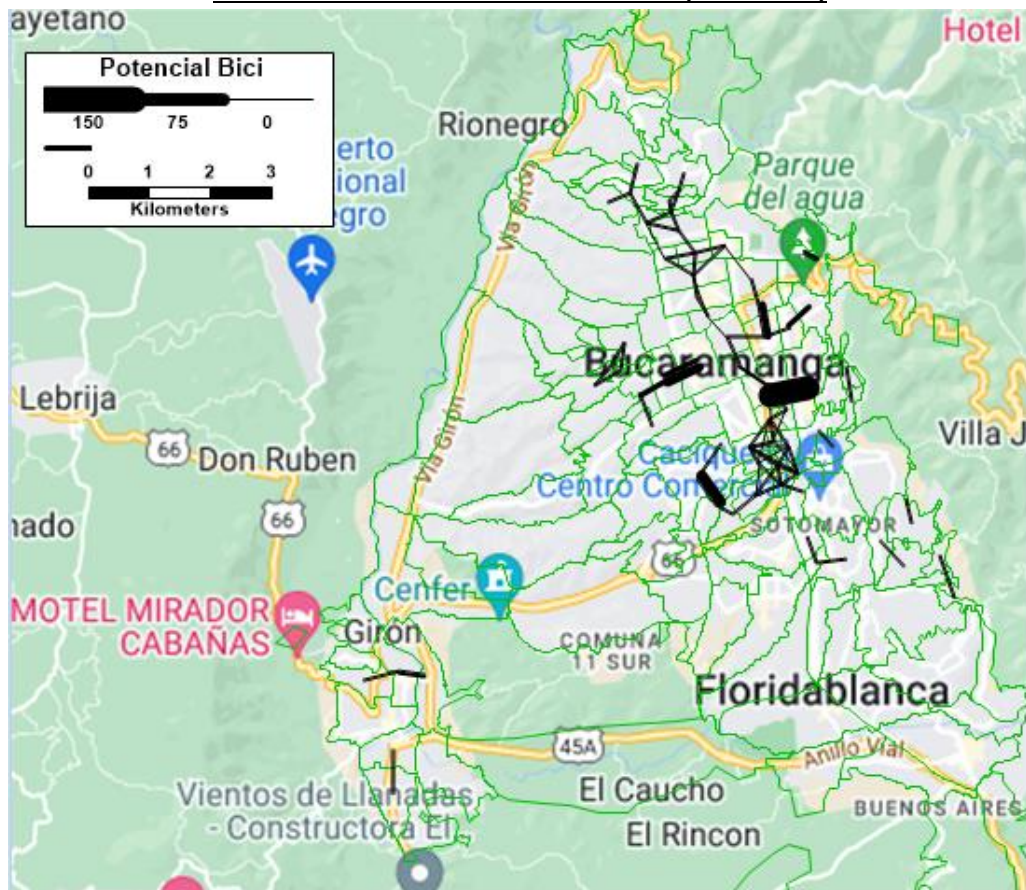
Fuente: A partir de Encuesta de Hogares

Para la hora de modelación, la encuesta arroja un total de 938 viajes de bicicleta y 10421 viajes a pie.

Para efectos de análisis de proyectos enfocados a estos modos, a través de la información del modelo se pueden identificar los potenciales viajes interzonales de estos modos activos migrados desde la moto, el auto o el taxi. Para ello, de las matrices resultantes de la modelación, se han seleccionado aquellos viajes cuya distancia es inferior a 0.5 kilómetros como posibles viajes del modo peatón y los viajes cuya distancia está en un rango de 0.5 km a 1.5 km como posibles viajes del modo bicicleta.

El resultado de esta selección no arroja valores para el modo peatonal mientras que para el año 2037 el potencial de bici usuarios migrados de los modos motorizados es de 714 viajes para la hora pico.

FIGURA 53. FLUJOS POTENCIALES DE BICIS (HORA PICO)

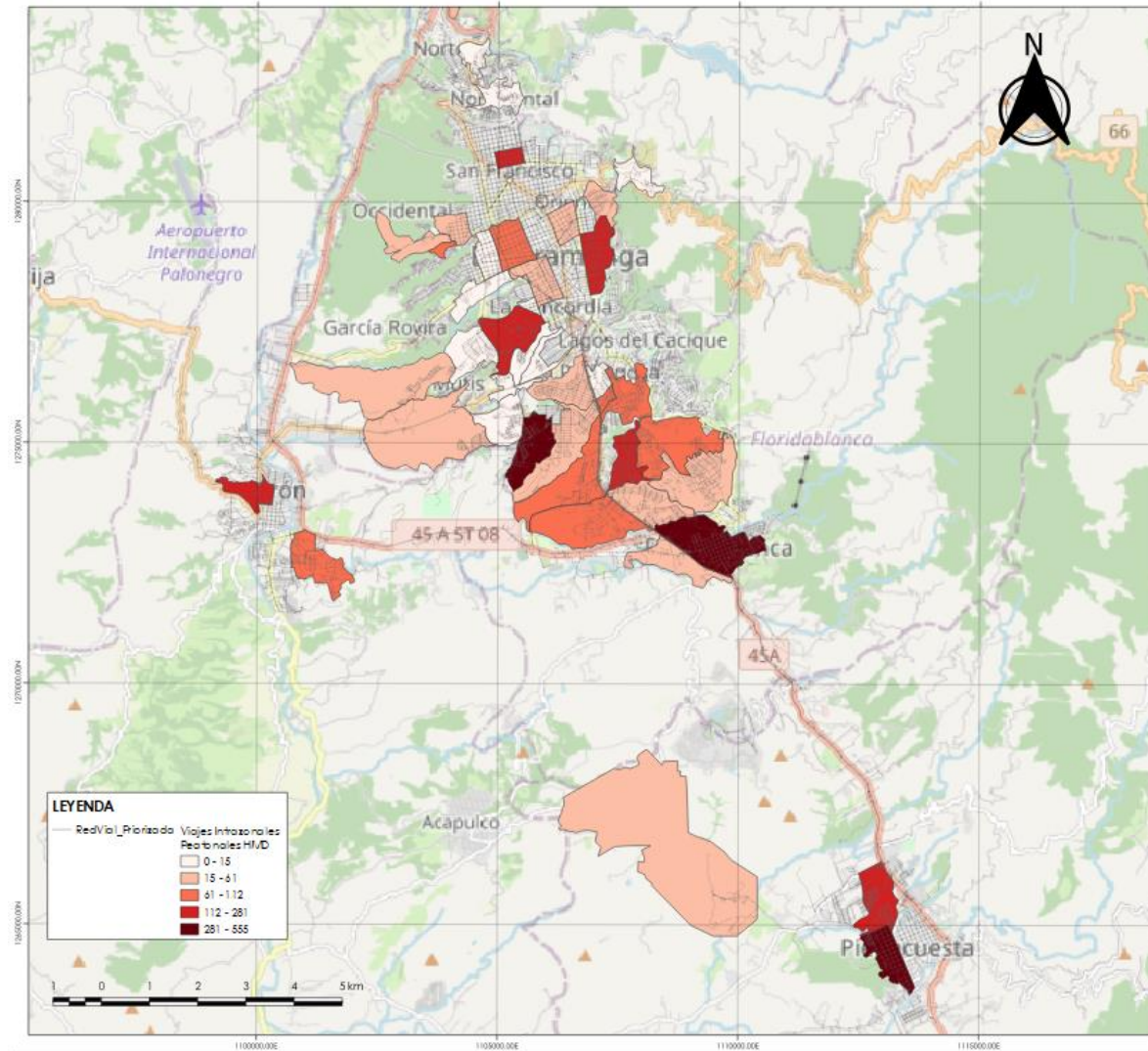


Fuente: A partir de Información resultante del modelo de Transporte

En principio, para viajes existentes en modos motorizados, hay un alto potencial de migrar a la bicicleta si se fortalece la infraestructura en y entre las Comunas de Cabecera Concordia, San Francisco y Oriental en Floridablanca de la Comuna Oriental hacia Provenza y en Girón entre comunas 20 y 12. Mediante este análisis no se detectaron viajes potenciales en Piedecuesta

En la siguiente figura se pueden apreciar los viajes intrazonales para el modo peatonal, obtenidos a partir de la EODH2021 realizada por la consultoría

FIGURA 54. VIAJES INTRAZONALES MODO PEATONAL



Fuente: Elaboración propia

3. Anexos

A continuación, se enumeran los anexos entregados con el producto:

- Anexo 01. Jornadas de participación
- Anexo 02. DOFA_Objetivos
- Anexo 03. Matrices
- Anexo 04. Modelos
- Anexo 05. Red Vial
- Anexo 06. Redes
- Anexo 07. Rutas
- Anexo 08. Salidas
- Anexo 09. Tablas
- Anexo 10. ZAT

4. Bibliografía

- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2010). *Microeconometrics Using Stata*. College Station, Texas, Estados Unidos: Stata Press.
- Cameron, C., & Trivedi, P. (2009). *Microeconometrics: methods and applications* (8th printing ed.). New York: Cambridge University Press.
- de Grange, L., Troncoso, R., Ibeas, A., & González, F. (Marzo de 2009). Gravity model estimation with proxy variables and the impact of endogeneity on transportation planning. *Transportation*, 14(2), 152-160.
- DNP. (s.f.). *Manual de Soporte Conceptual MGA*.
- Ferro, D. S. (2019). *Seminario en Formulación de Proyectos*.
- PMI. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*.
- Tinbergen, J. (Marzo de 1966). Shaping the World Economy: Suggestions. *The Economic Journal*, 76(301), 92-95.
- Willumsen, L. (2014). *Better Traffic and Revenue Forecasting*. Lexington, USA: Maida Vale Press.