



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

**DISEÑO CONCEPTUAL DE LA RED DE TRANSPORTE MASIVO
METRO Y DISEÑO OPERACIONAL, DIMENSIONAMIENTO
LEGAL Y FINANCIERO DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO EN
EL MARCO DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE
PUBLICO-SITP- PARA LA CIUDAD DE BOGOTA**

**PRODUCTO N° 18
BANCO DE DATOS EMME PARA EVALUACION DE ALTERNATIVAS
DE RED Y PLM**

**MB-GC-ME-0018
Rev.0. Septiembre 2009**





TITULO DEL DOCUMENTO: BANCO DE DATOS EMME PARA EVALUACION DE
ALTERNATIVAS DE RED Y PLM

DOCUMENTO N°: MB-GC-ME-0018

Referencia: P210C25

Fichero: MB-GC-ME-0018-BANCO EMME PLM.DOCX

Revisión: Rev.0.

Fecha revisión : Septiembre 2009

	Nombre	Firma	Fecha
Realizado por	Adolfo Majano		Septiembre 2009
	Fernando de Lucas		Septiembre 2009
	Johanna M ^a . Lobo Gutiérrez		Septiembre 2009
	M ^a . Antonieta Royuela Escalona		Septiembre 2009
Verificado por	José Manuel Almoguera		Septiembre 2009
Aprobado por	Luis M. San Martín Esteban Rodríguez		Septiembre 2009



REGISTRO DE CAMBIOS

REV.	FECHA	SECCIÓN / PÁRRAFO AFECTADO	INICIO DEL DOCUMENTO/ RAZONES DEL CAMBIO
0	Septiembre 2009	TODOS	DOCUMENTO INICIAL

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	6
2	MODELO DE TRANSPORTE METRO - SITP	7
2.1	Ámbito y zonificación.....	7
2.2	Años de modelación y Escenarios.....	8
2.3	Identificación de escenarios	9
3	COMPONENTES DEL MODELO DE TRANSPORTE METRO – SITP	10
3.1	Modos y Vehículos.....	10
3.2	Nodos	10
3.3	Arcos.....	11
3.3.1	Precarga de vehículos equivalentes	11
3.3.2	Funciones de demora.....	12
3.4	Giros en intersecciones.....	14
3.5	Servicios de Transporte Público.....	14
3.6	Codificación del valor del tiempo	15
3.7	Tiempos de abordaje y costo generalizado	15
3.8	Tarifas.....	16
4	OFERTA DE TRANSPORTE	18
4.1	Evolución de la red Vial.....	18
4.2	Red de Transporte Público y su Reordenación	23
4.3	Red de metro y PLM	23
4.4	Rutas del sistema TransMilenio	30
4.5	transporte público Convencional	31
4.6	Rutas alimentadoras	31
4.7	Tren de cercanías	33



5	DEMANDA DE TRANSPORTE	35
6	DESCRIPCIÓN DE LAS MACROS UTILIZADAS E INFORMES DE RESULTADOS	36
7	CONCLUSIONES SOBRE EL BANCO DE DATOS PARA EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE RED Y PLM	37

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento describe de manera detallada el contenido de la base de datos EMME/3 utilizada para el Producto 2 y otros productos derivados de los resultados.

Para la realización de estas simulaciones se ha utilizado el modelo Metro-SITP calibrado al 2008 y proyectado a los escenarios futuros, como se ha descrito en los productos 2, 3 y 4 del presente estudio. Los correspondientes elementos que conforman un escenario, como son: tarifas, tiempos de intercambio entre modos, intervalo de paso de los servicios públicos, entre otros. Estos han sido modificados o reestimados para los propósitos del P2.

De igual manera se ha contado con el análisis descrito en el producto 4, en el cual se describen los diferentes proyectos de inversiones que actualmente se están desarrollando, y los cuales son el resultado de un análisis conjunto entre el GC y la Administración Distrital. Entre los proyectos más relevantes contemplados se mencionan: el tren de cercanías, la tercera fase de Transmilenio, la Avenida Longitudinal de Occidente y otras inversiones que muestran la evolución de la ciudad de Bogotá en cuanto a transporte se refiere.

Sobre los escenarios temporales 2018 y 2038 se han codificado cada una de las alternativas y se han calculado los respectivos indicadores que se encuentran descritos en el Producto 15 y Producto 17 para las alternativas de red y primera línea de metro respectivamente. La representación gráfica de la codificación de cada una de las alternativas se presenta en el Anexo A del presente documento.

La codificación de cada alternativa ha generado un escenario de reordenación del transporte público que se ilustra en el Anexo B del presente documento.

Con el fin de facilitar el entendimiento de los datos contenidos en el modelo de transporte, a continuación se describen cada uno de los aspectos que lo conforman, identificando en cada caso, las modificaciones efectuadas en relación al escenario Sin metro descrito en el producto 4.

2 MODELO DE TRANSPORTE METRO - SITP

Para la evaluación de las alternativas de metro se han codificado los escenarios temporales partiendo de la información descrita en el producto 4 del presente estudio, el cual a su vez se basa en el modelo Metro - SITP calibrado al 2008 por el GC.

La información contenida en los escenarios descritos en el producto 4 cuenta con los elementos que conforman la oferta y demanda de transporte. En consecuencia el modelo de transporte analiza y distribuye todos los componentes de la demanda en cuatro grupos socioeconómicos compuestos por estratos como se indica:


- Grupo 1: Estrato socioeconómico 1
- Grupo 2: Estrato socioeconómico 2
- Grupo 3: Estrato socioeconómico 3
- Grupo 4: Estratos socioeconómicos 4, 5 y 6

De esta manera, se analiza de forma más detallada la demanda de los diferentes estratos que viene a su vez codificada en el modelo de transporte según la zonificación correspondiente.

2.1 ÁMBITO Y ZONIFICACIÓN

En cuanto al ámbito de estudio y la zonificación, se mantienen las descritas en el modelo Metro – SITP que contempla la zonificación de transporte definida para la ciudad, de 824 zonas y el ámbito dividido en dos partes.

Figura 2-1 Zonificación del estudio Metro

Descripción de los ámbitos	Representación gráfica
<p>– Ámbito interno:</p> <p>Corresponde a las zonas urbanas de Soacha y Bogotá D.C.</p> <p>Se caracteriza por poseer zonas de transporte con menor superficie, en general correspondientes a la codificación de Sectores DANE o bien de 4 a 5 manzanas.</p> <p>– Ámbito expandido:</p> <p>Corresponde a los 17 municipios aledaños a Bogotá que son a su vez los municipios con mayor influencia en el análisis del transporte de la ciudad de Bogotá.</p> <p>– Ámbito externo:</p> <p>Corresponde al resto de municipios que conforman Cundinamarca y que se encuentran agrupados en 14 zonas de transporte.</p>	

Fuente: Elaboración propia a partir de Diseño técnico, legal y financiero del SITP 2008

2.2 AÑOS DE MODELACIÓN Y ESCENARIOS

Los años de modelación seleccionados para las evaluaciones corresponden al 2038 y 2018, para responder de la forma más adecuada a las proyecciones de demanda de cada situación. Esto se debe a que ha sido necesario conocer las necesidades de Red para la ciudad a largo plazo (2038) y de esta Red, se selecciona la línea inicial, por lo tanto a corto plazo (2018). El escenario 2028 que corresponde a la situación intermedia no resulta determinante para la toma de decisiones.

Las redes, se han evaluado para año 2038, como escenario a largo plazo y en el cual se cuenta con una demanda de transporte elevada y la posibilidad temporal para realizar las inversiones correspondientes a una red de metro.

La evaluación de las posibles Primera Línea de Metro se ha realizado en el año 2018, el cual se ha definido como el posible año de puesta en servicio de la PLM.

Para la modelación de cada situación, se codifican dentro del modelo EMME los respectivos escenarios que se describen a continuación.

2.3 IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS

La codificación en EMME de los escenarios se ha mantenido como en los análisis de red sin metro, así por ejemplo, los dos primeros dígitos se corresponden con el año de asignación; el tercero con la versión general del mismo; y los dos últimos permiten las sensibilidades o asignaciones en diferentes redes consideradas.

La codificación de un escenario dentro del modelo corresponde a un escenario de transporte público (red explotada) y uno de transporte privado (red simple). El escenario de transporte privado representa la malla vial y se usa para modelar la circulación de vehículos privados y generar los tiempos de VP sobre los arcos.

El escenario de transporte público contiene la denominada “red explotada” en la cual se cuenta con una malla vial para cada modo de transporte y se generan las “torres” de integración de transbordos. La red explotada hereda los tiempos del tráfico sobre los arcos y los introduce en las funciones de demora de los autobuses y busetas..

La congestión que ocasiona el transporte público sobre el vehículo privado se mide en forma de vehículos equivalentes. Los vehículos equivalentes son necesarios para calcular la velocidad en los arcos.

Una vez obtenida la velocidad del transporte privado, esta se incluye en el escenario de transporte público para representar la congestión, de modo que si los vehículos privados circulan lento, el transporte público lo hace también. La velocidad dentro del modelo implica un mayor o menor número de autobuses (para mantener la frecuencia) lo cual modifica el total de vehículos equivalentes que se introducen en el escenario de transporte privado nuevamente.

En el caso del análisis de alternativas de red, se han codificado los siguientes escenarios.

Tabla 2-1. Códigos de identificación de los escenarios en EMME para las alternativas de red en año 2038

Red de transporte público o privado	Escenario con red Sin Metro	Escenario con red Alternativa A	Escenario con red Alternativa B	Escenario con red Alternativa C	Escenario con red Alternativa D
Público	38020	38021	38022	38023	38024
Privado	38010	38011	38012	38013	38014

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación de la PLM se han codificado los escenarios para el año 2018 como se indica a continuación.

Tabla 2-2. Códigos de identificación de los escenarios en EMME para la posible PLM en año 2018

Red de transporte público o privado	Escenario con red Sin Metro	Escenario con red Alternativa Roja	Escenario con red Alternativa Verde	Escenario con red Alternativa Azul
Público	18020	18021	18022	18023
Privado	18010	18011	18012	18013

Fuente: Elaboración propia

3 COMPONENTES DEL MODELO DE TRANSPORTE METRO – SITP

El modelo de transporte Metro – SITP para los diferentes escenarios temporales resulta de la actualización de la red vial contenida en el escenario base 2008 (8915). La estructura, nomenclatura y número de elementos se han mantenido iguales, excepto en los casos en los cuales se ha codificado los proyectos adicionados para los años futuros, lo cual ha implicado:

- Modificación de algunas características de los tramos
- Adición de arcos viales, de tren de cercanías y metro.
- Modificación de intersecciones

Así mismo, se han creado diferentes escenarios de modelación para cada una de las alternativas analizadas. A continuación se citan los componentes más relevantes del modelo que han sido actualizados ó validados para cada escenario temporal.

3.1 MODOS Y VEHÍCULOS

Los modos definidos para el transporte privado son los autos y camiones, mientras que para los modos de transporte público, es sus modos directos y auxiliares son el resto los modos, definiendo los distintos tipos de transporte público y sus conexiones en transbordos y pago de tarifas. Los modos definidos son utilizados por sus correspondientes vehículos.

Para la simulación del nuevo modo “metro” así como el tren de cercanías, se ha utilizado el modo “u” y se han adicionado el vehículo para metro, resultando para el modo “u” los dos siguientes tipos de vehículos:

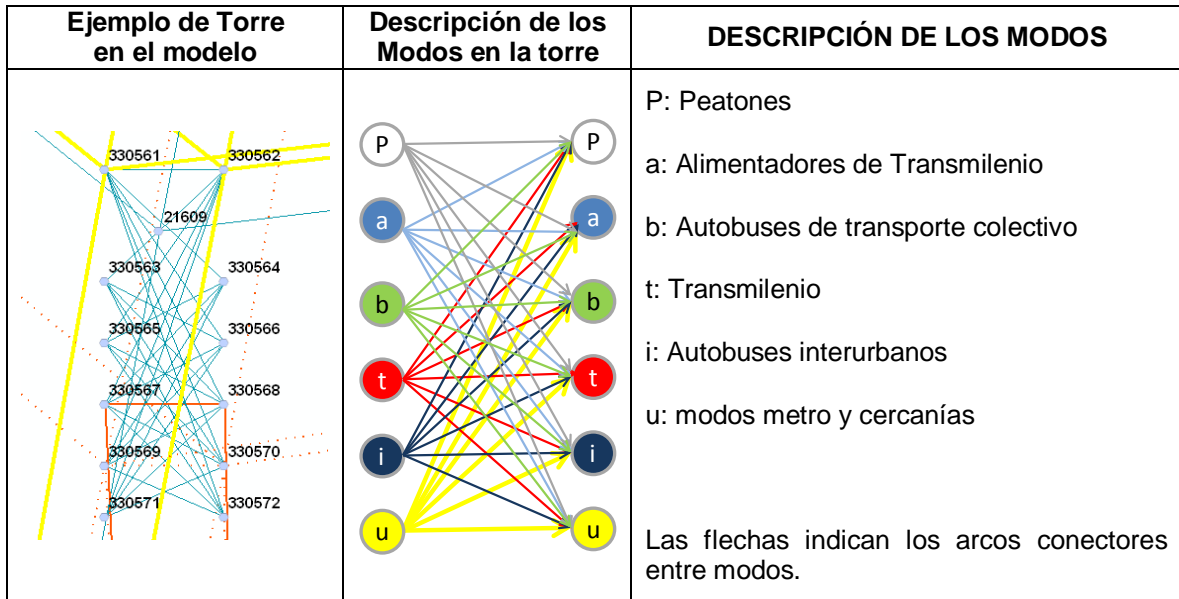
- Vehículo para tren de cercanías: corresponde al código 86 y cuenta con una capacidad total de 1200 viajeros
- Vehículo para metro: corresponde al código 66 y cuenta con una capacidad total de 929 viajeros

3.2 NODOS

Los nodos definidos son de 3 tipos, 824 centroides (o zonas de transporte) correspondientes a las zonas definidas en las matrices como zonas de origen/destino de los viajes, y el resto se componen de los nodos regulares que sirven para articular la red así como los nodos regulares donde se ha definido una intersección específica, particularizando los movimientos de la misma.

Los nodos de transporte público poseen una correspondencia en una red “explotada” en la cual se identifican las torres, las cuales permiten el intercambio de viajeros entre los arcos unimodales que se generan para realizar análisis precisos de volumen sobre cada modo. A continuación se presenta la ilustración de las torres dentro del modelo y puede verse la conexión entre los distintos modos.

Figura 3-1 Ilustración de torres en el modelo EMMÉ



Fuente: Elaboración propia

3.3 ARCOS

Los arcos se definen entre dos nodos, por lo cual quedan fijados por las coordenadas de los mismos. Cada uno de los arcos tiene definido los modos de transporte que pueden circular en ellos (ej.: Automoviles, camiones, autobuses) así como un código que los clasifica por tipo, en función de la jerarquización diseñada en los estudios previos. Los arcos se clasifican a su vez en conectores o arcos que conectan los centroides con la red vial, vías de tráfico mixto, ingresos y salidas de las estaciones, corredores troncales exclusivos y las conexiones inherentes a las estaciones definidas.

Cada uno de los arcos tiene definidas las funciones provenientes del modelo calibrado al 2008 y que permiten realizar los algoritmos de asignación al calcular el coste generalizado en cada uno de los arcos, lo que al final determina el camino a seguir entre dos centroides o la estrategia del viaje en el caso del transporte público.

En los arcos, además de definir su longitud, el número de carriles, velocidades de flujo libre, precarga de vehículos equivalentes, entre otros datos que se describen más adelante.

3.3.1 PRECARGA DE VEHÍCULOS EQUIVALENTES

La precarga de vehículos equivalentes consiste en la transformación de autobuses y camiones en vehículos livianos. Esto permite simular la congestión.

Para cada escenario temporal se ha calculado la precarga de vehículos equivalentes como la suma de equivalentes a transporte público más equivalentes a camiones. Éstos últimos, calculados en el escenario base 2008, se han mantenido constantes, como resultado de un mutuo acuerdo entre el GC y la Administración, debido a la complejidad de las proyecciones de dichos tráfico.

3.3.2 FUNCIONES DE DEMORA

Las funciones de demora utilizadas para el vehículo privado corresponden a las definidas en el modelo calibrado al 2008.

Figura 3-2 .Ilustración de funciones aplicadas en modelo Metro-SITP

Funciones originales del SITP

$$Fd5 = \left(\frac{\text{longitud}}{@velau + 60} \right) * \sqrt{\left(2 + \left(16 * \frac{(1 - (\text{Volau} + @voleq))}{@casen} \right)^2 + 1.170^2 - 4 * \left(1 - \frac{(\text{Volau} + @voleq)}{@casen} - 1.170 \right)} \right)$$

$$Fd6 = \left(\frac{\text{longitud}}{@velau + 60} \right) * \sqrt{\left(2 + \left(25 * \frac{(1 - (\text{Volau} + @voleq))}{@casen} \right)^2 + 1.125^2 - 5 * \left(1 - \frac{(\text{Volau} + @voleq)}{@casen} - 1.125 \right)} \right)$$

Función establecida para el modelo Metro-SITP calibrado al 2008

$$\text{Tiempo demora} = \text{longitud} * \text{Parámetro inicial} * \frac{2 + \sqrt{\alpha^2 * \left(1 - \frac{\text{Volau} + @voleq}{@casen} \right)^2 + \beta^2}}{2\alpha} - \alpha * \left(1 - \frac{\text{Volau} + @voleq}{@casen} \right) - \beta$$

Donde:

- @velau: Velocidad de flujo libre
- @voleq: Volumen equivalente
- @casen: Capacidad por sentido
- Volau: Volumen de vehículos privados
- longitud: Longitud del arco

Fuente: Elaboración propia con información contenida en el modelo de transporte 2007.

La Función establecida para el modelo Metro-SITP calibrado al 2008 se adapta a los distintos tipos de arcos, a través de los parámetros que se presentan en la siguiente tabla.

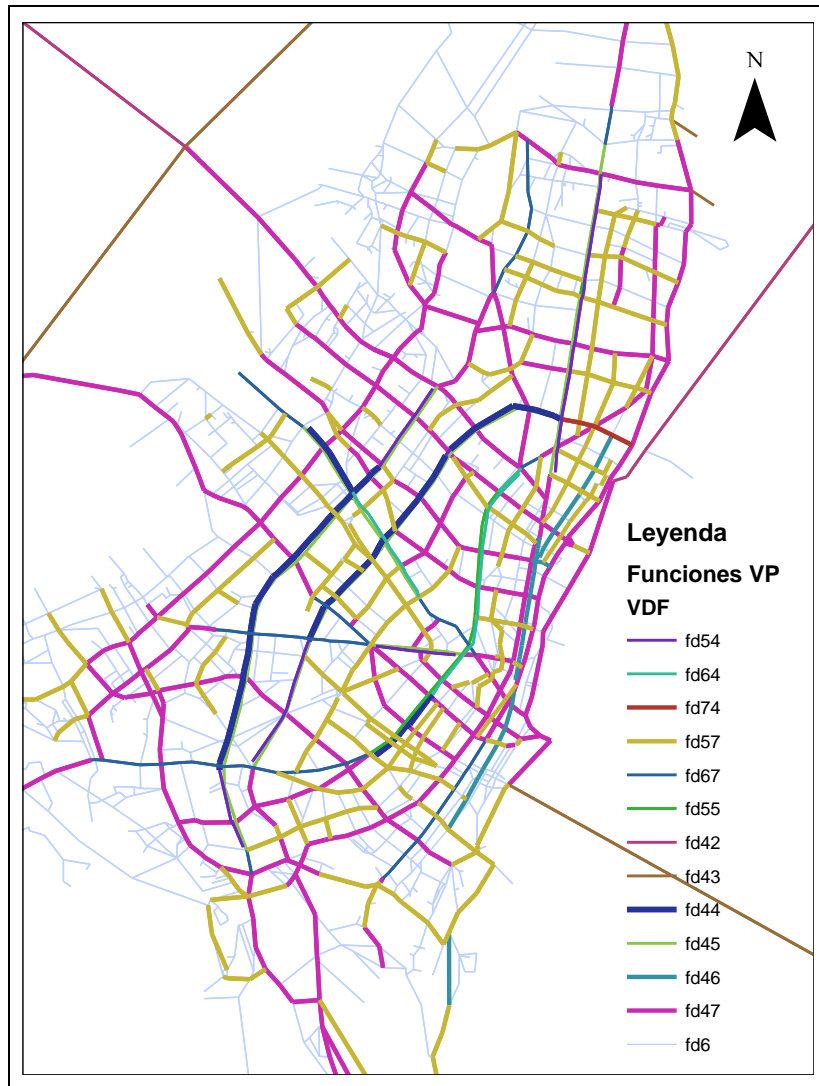
Tabla 3-1 Parámetros de las funciones calibradas al 2008

VdF	Parámetro inicial	Alfa ²	Beta ²	Alfa	Beta
fd44	1,377	65,626	1,146	8,101	1,070
fd45	1,100	1,100	126,429	1,049	11,244
fd57	1,900	1,050	451,433	1,025	21,247
fd47	1,324	1,001	1.002.501,437	1,000	1.001,250
fd67	1,050	1,100	126,429	1,049	11,244
fd54	1,350	1,100	126,429	1,049	11,244
fd55	1,250	1,010	10.251,437	1,005	101,249
fd64	0,550	1,100	126,429	1,049	11,244
fd74	1,700	3,000	2,833	1,732	1,683
fd65	1,300	1,100	126,429	1,049	11,244
fd46	1,300	1,200	38,920	1,095	6,239

Fuente: Elaboración propia

Para las vías tipo 8 con un carril por sentido, tipo 9 y 10 se han mantenido las funciones del estudio SITP. La ubicación geográfica de cada tipo de arco se muestra en la figura siguiente:

Figura 3-3 Ubicación geográfica de los arcos de las funciones del escenario 2008



Fuente: Elaboración propia partir de los datos del EmmeBank

3.4 GIROS EN INTERSECCIONES

En el modelo se cuenta con más de 340 intersecciones codificadas con restricciones de giros, con el fin de representar las intersecciones viales de la forma más adecuada. Estas intersecciones se codifican en los nodos de la red especificando el movimiento desde una vía a otra como libre, con prohibición de paso o penalización para los escenarios Sin Metro como se indica en el Producto 4 del presente estudio.

Estas configuraciones se mantienen inalteradas para los escenarios con metro.

3.5 SERVICIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Las líneas de transporte público se definen por su recorrido y paradas en la red vial, marcando el intervalo de paso o frecuencia de la línea, la velocidad de flujo libre, el modo permitido para la ruta, el tipo

de vehículo de la misma, el tiempo empleado en la terminal y el de paradas, así como la tarifa a pagar y su equivalente en Tiempo Generalizado.

Respecto al Transporte Público en el modelo Metro-SITP se han definido en la red sin metro un total de 1.023 líneas de transporte público en 2008 y 993 rutas en 2038. Este número de líneas se refiere a trayectos unidireccionales (cada sentido está codificado como una ruta independiente). Este volumen de oferta incluye el modo Troncal de TransMilenio, el Auxiliar y Colectivo, el Alimentador, modo Intermunicipal y Tren de cercanías.

Este total es variable para cada alternativa simulada, según la reordenación de transporte público correspondiente con la finalidad de estimar la optimización del sistema de transporte en general.

Se han agregado igualmente los servicios correspondientes al metro en las diferentes alternativas de red y PLM como se describe más adelante.

3.6 CODIFICACIÓN DEL VALOR DEL TIEMPO

El modelo cuenta con los valores del tiempo calibrados para los cuatro grupos socioeconómicos así como el peso del valor del tiempo de espera. El peso del tiempo de caminata y el de espera son iguales para todos los estratos. A continuación se presenta la tabla con los valores descritos anteriormente.

Tabla 3-2 Codificación del valor del tiempo y pesos del mismo

Grupo socioeconómico	Valor Subjetivo del tiempo	Peso del tiempo de espera	Peso del tiempo de caminata	Peso del tiempo de abordaje
<i>GE</i>	<i>VST</i>	<i>Esperando</i>	<i>Caminando</i>	<i>Abordando</i>
G1 (Estrato 1)	25	1.49	2	1
G2 (Estrato 2)	51	1.60	2	1
G3 (Estrato 3)	76	1.88	2	1
G4 (Estratos 4,5 y 6)	135	1.88	2	1

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo Metro-SITP.

3.7 TIEMPOS DE ABORDAJE Y COSTO GENERALIZADO

El costo generalizado de cada desplazamiento viene definido, además de por la tarifa y el valor del tiempo de cada usuario; por el tiempo total del mismo. El total de tiempo se compone del tiempo en el vehículo, el tiempo de espera, el de abordaje y el tiempo de caminata. Para reflejar estos últimos tres componentes, el CG los multiplica por su factor correspondiente relativo al tiempo en vehículo.

El modelo presenta la característica que estos tiempos de abordaje están diferenciados para cada modo de origen y destino (como una matriz) y para un total de 9 tipos de estaciones:

- Estaciones de acceso a nivel
- Estaciones de acceso a desnivel
- Intersecciones a nivel
- Intersecciones a desnivel

- Portales y estaciones de integración
- Estaciones de acceso e intercambio (3 en NQS)
- Portal del Norte
- Portal de la calle 80
- Portal de las Américas, Suba, Banderas y Usme

Los tiempos proceden de observaciones medias en cada uno de los tipos de estaciones. Se muestra a continuación un modelo de matriz de tiempos de abordaje usado en el modelo:

Tabla 3-3 Tiempos de abordaje (minutos) codificados para intersecciones a nivel

INTERSECCIONES A NIVEL						
Servicio	Busetas	Transmilenio	Alimentadoras	Ferrovionario	Peatón	Interurbanas
Busetas	5	6	5	6	0	5
Transmilenio	6	3	3	3	0	6
Alimentadoras	5	3	5	3	0	5
Metro/Ferrovionario	6	3	5	3	0	6
Peatón	0	0	0	0	0	0
Interurbanas	5	6	5	6	0	5

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo Metro-SITP.

3.8 TARIFAS

El modelo cuenta con valores de tarifa que se implementan en las estaciones de transporte público a través de las denominadas Torres, las cuales permiten la integración entre los modos de transporte público. En el caso de los autobuses de transporte colectivo de servicios interurbanos (I), estos implementan el valor de la tarifa a través de un atributo de línea de servicio llamado @tarif. El valor de la tarifa de autobuses varía entre 1000 y 1200 pesos.

Se ha realizado la simulación de 3 modelos tarifarios. El primer caso corresponde a una tarifa de billete integrado igual a 1.600 pesos, el segundo caso se refiere al modelo tarifario SITP que contempla penalización a transbordos entre modos masivos, el tercer caso corresponde al seleccionado para el cálculo definitivo de los indicadores y se refiere al modelo tarifario SITP sin penalización entre modos masivos. Las tarifas asignadas, correspondiente al tercer modelo tarifario se presentan a continuación, para los modos definidos y sus posibles intercambios modales:

Tabla 3-4. Tarifas aplicadas para el cálculo de indicadores

Modo	Alimentadora	Busetas	Transmilenio	Metro/Ferroviano	Interurbano
Peatón	\$ 1.100	\$ 1.300	\$ 1.600	\$ 1.600	\$ -
Alimentadora	\$ 500	\$ 500	\$ 500	\$ 500	\$ -
Busetas	\$ 300	\$ 800	\$ 800	\$ 800	\$ -
Transmilenio	\$ -	\$ 500	\$ -	\$ -	\$ -
Ferroviano	\$ -	\$ 500	\$ -	\$ -	\$ -
Interurbano	\$ 1.100	\$ 1.300	\$ 1.600	\$ 1.600	\$ -

Fuente: Elaboración propia

En este modelo, los servicios interurbanos solo presentan servicios de conexión con otros modos complementarios en el ámbito urbano de Bogotá, por lo que su tarifa básica no se ha considerado, únicamente la de conexión con el resto de modos.

4 OFERTA DE TRANSPORTE

La oferta de transporte dentro del modelo se basa en dos elementos, el primero de ellos se refiere a los arcos que constituyen la malla vial de la ciudad y que son aprovechados por el transporte en vehículo privado, y por los autobuses. De igual manera, los arcos para representar los sistemas de transporte masivos, Transmilenio, tren de cercanías y metro.

El segundo elemento corresponde a los servicios de transporte público que se codifican como líneas sobre los arcos que permiten un único modo de transporte (los arcos para modo Transmilenio permiten solo la circulación de vehículos de tipo Transmilenio). En el caso de los servicios, el importante resaltar que corresponden en su mayor parte al diseño operacional del SITP para los escenarios Sin Metro, y para los escenarios con Metro corresponden a la primera propuesta de reordenación del transporte público.

A continuación se describe la evolución de la red vial, en cuanto contempla los proyectos planificados por la administración, con importante posibilidad de ser ejecutados para los escenarios analizados.

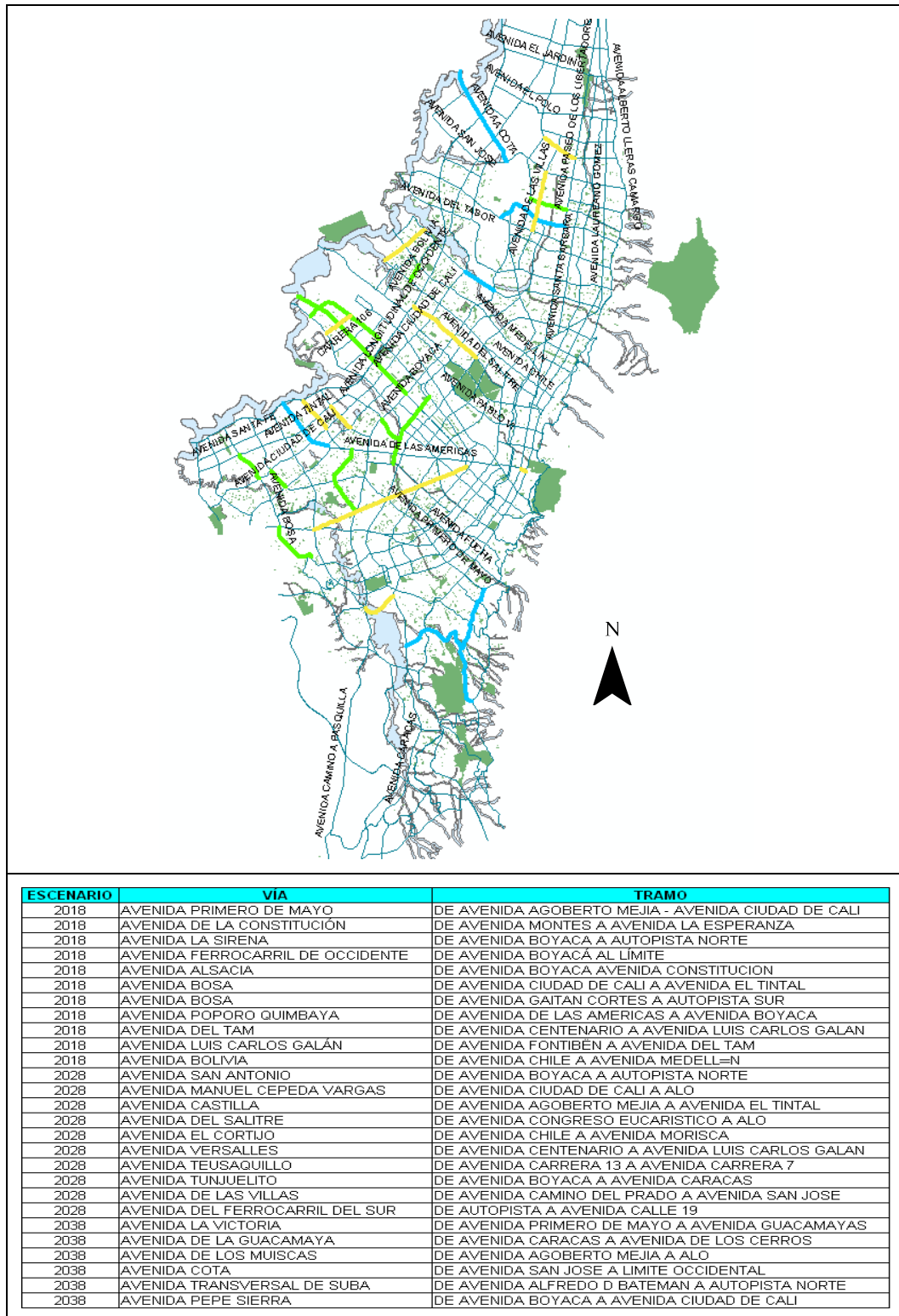
Se describen de igual manera los servicios de cada uno de los modos simulados en el modelo de transporte.

4.1 EVOLUCIÓN DE LA RED VIAL

En el modelo de transporte se han codificado los proyectos que representan la infraestructura vial para los años futuros. Con el fin de recoger en el modelo los proyectos con mayor probabilidad de ser ejecutados, el GC ha realizado tres mesas de trabajo como se describen en el producto 4 del presente estudio.

En dichas mesas de trabajo, junto con representantes del Instituto de Desarrollo Urbano, Planeación Distrital y Secretaría de Movilidad, se han analizado las distintas posibilidades y consensuado los proyectos viales finalmente incluidos en los años futuros.

Figura 4-1. Proyectos viales contemplados para los escenarios futuros



Fuente: Planeación Distrital

La implementación de dichos proyectos se resume en la modificación de las características codificadas para el año base o en la creación de arcos adicionales en el modelo de transporte. Estas modificaciones corresponden a la alternativa Sin metro que se describen en el producto 4 del presente estudio y se mantienen iguales en todas las alternativas con metro.

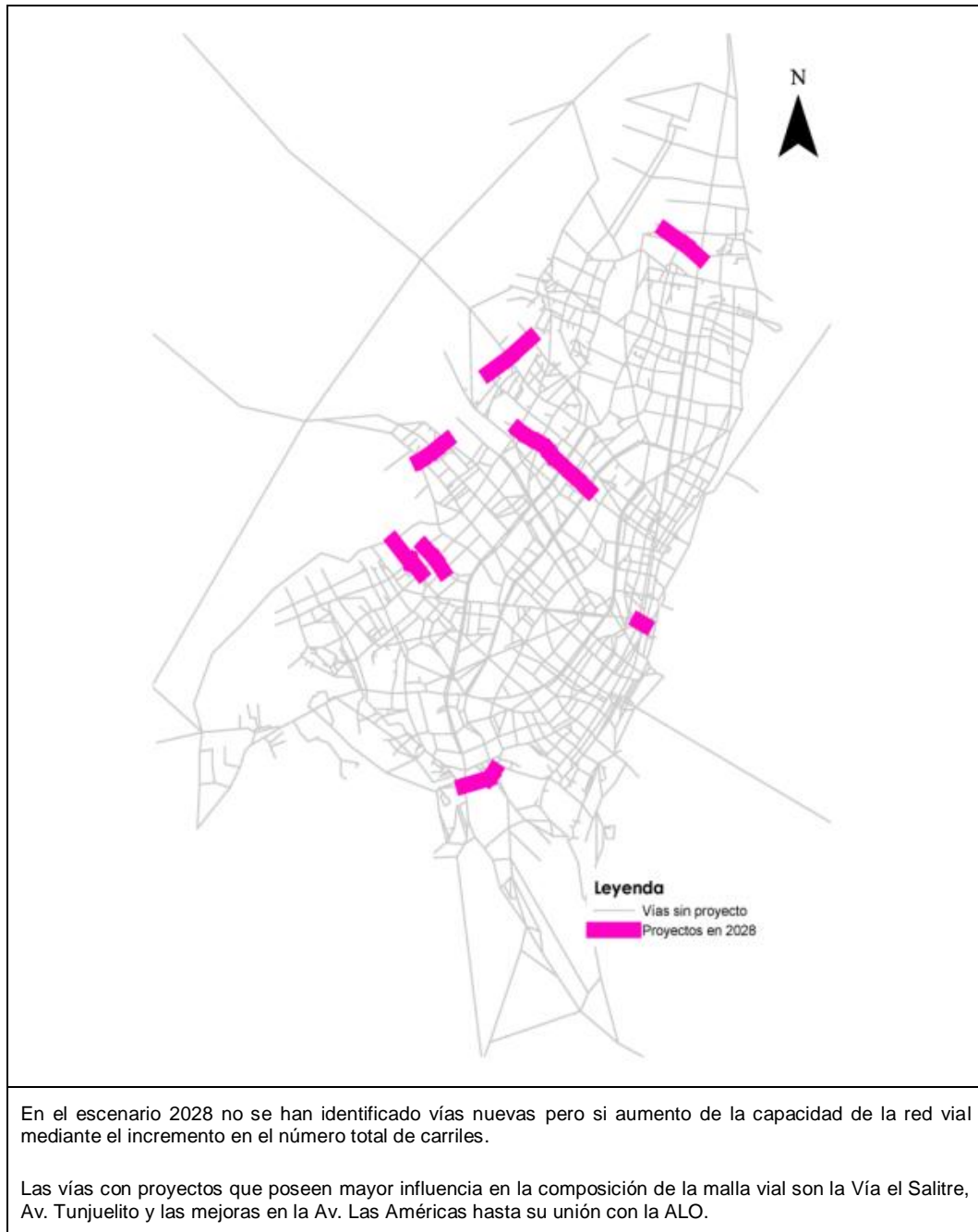
Se presenta a continuación el resumen de los proyectos implementados, a través de dos tipos de cambios: aumento de número de carriles y creación de vías nuevas.

Figura 4-2. Proyectos considerados en escenarios 2018



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-3. Proyectos considerados en escenarios 2028



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-4. Proyectos considerados en escenarios 2018-2028 y 2038



Fuente: Elaboración propia

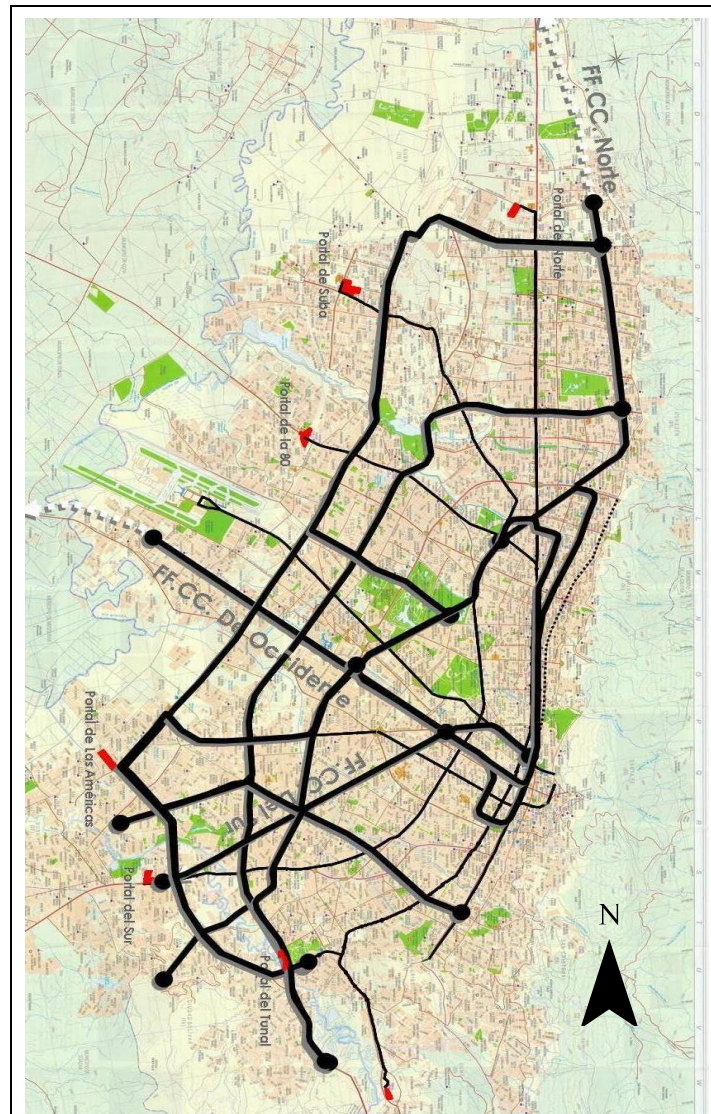
4.2 RED DE TRANSPORTE PÚBLICO Y SU REORDENACIÓN

En el caso de la red de transporte público para el escenario sin metro se cuenta con la evolución del sistema Transmilenio, la implementación del Tren de Cercanía; el transporte público colectivo cuenta con el diseño operacional propuesto por la administración y que se mantiene constante para cada escenario temporal. En el caso de las alternativas con metro, se implementan los servicios de metro y se aplica la reordenación del transporte público que se describe más adelante.

4.3 RED DE METRO Y PLM

Las redes de metro se definen en un proceso detallado que contempla diferentes aspectos. Una vez definidas, se han codificado los arcos y nodos capaces de albergar todas las alternativas. A continuación se presentan los corredores de transporte analizados que han servido de base para codificar todos los arcos necesarios para albergar cualquiera de las posibles redes de metro.

Figura 4-5. Corredores de transporte analizados y codificados



Fuente: Elaboración propia

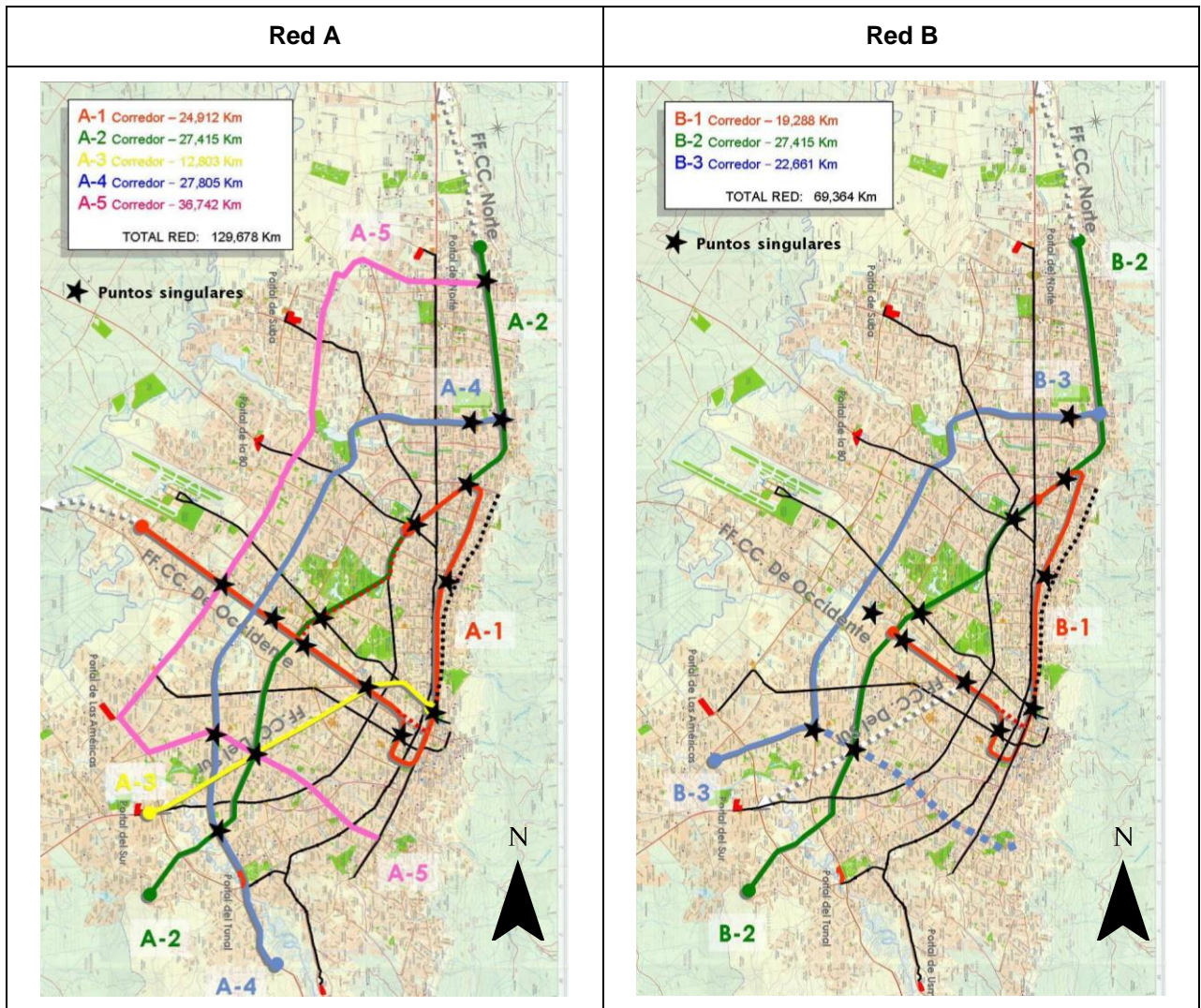
Sobre la red de todos los arcos posibles, se han codificado los servicios de cada una de las alternativas de red, en forma de Líneas de Metro.

La codificación de cada línea cuenta con una velocidad teórica de 35km/h y recorridos de ida y vuelta, cada uno con el mismo intervalo de paso (en min). El intervalo de paso se define como resultado de la optimización preliminar de la operación.

El resultado de cada codificación en el modelo de transporte se ve representado en el Anexo A del presente documento.

Cada una de las redes se presenta a continuación en las siguientes imágenes. Las dos primeras corresponden a las Alternativas A y B. La alternativa de red A cuenta con 5 Líneas de metro y la Alternativa B cuenta con 3.

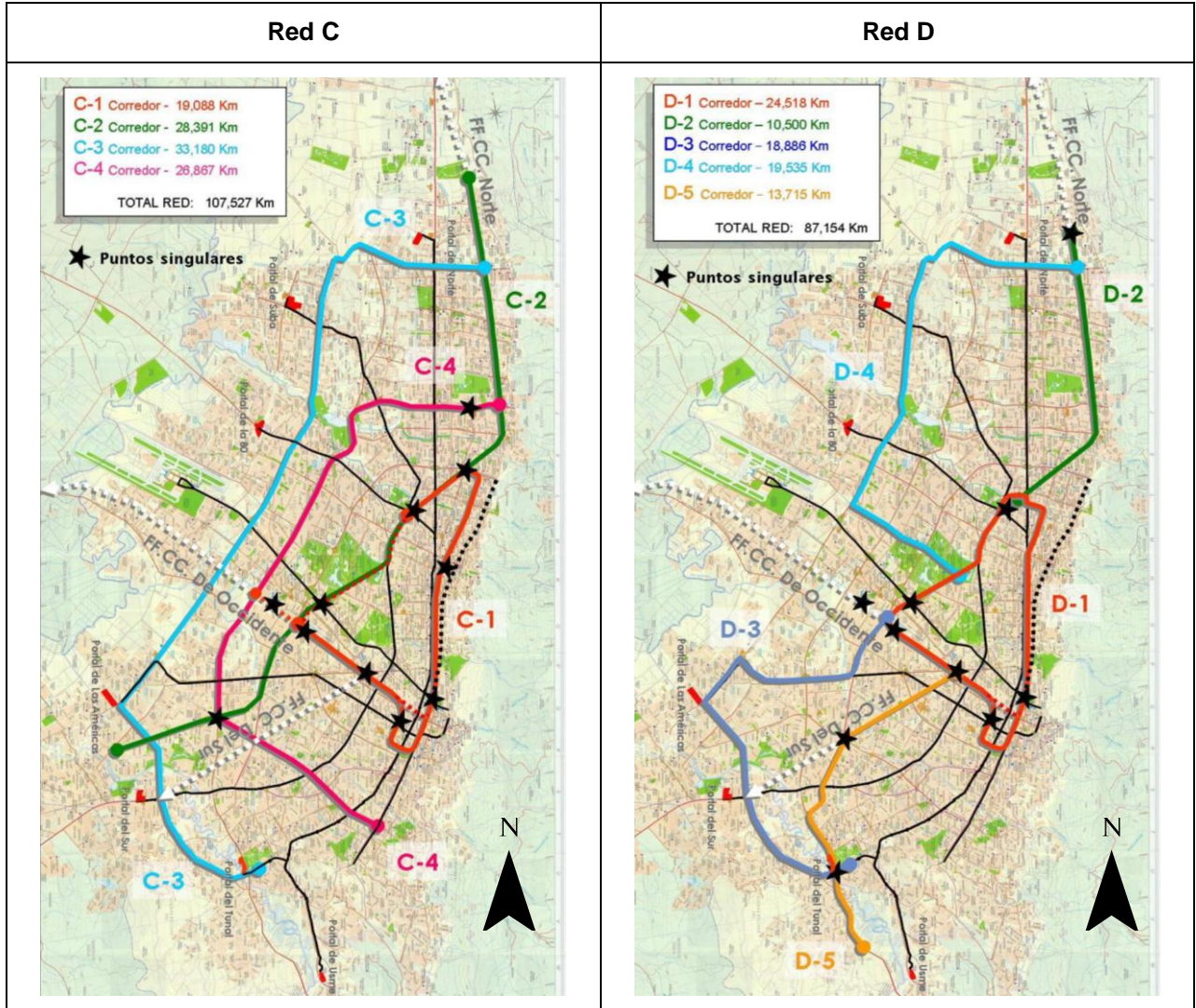
Figura 4-6. Redes de Metro A y B



Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera se presentan las alternativas C y D. En el caso de la alternativa C se cuenta con 4 Líneas de Metro y en el caso de la alternativa D cuenta con 5 Líneas.

Figura 4-7. Redes de Metro C y D



Fuente: Elaboración Propia

La codificación de las cuatro redes se resume en la siguiente tabla que incluye los intervalos de paso de cada una de las líneas.

Tabla 4-1. Intervalo de paso en min. de los trenes de metro para cada línea

Línea	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
L1	2.6	2.8	2.8	3.3
L2	3.6	3.3	3.6	4.6
L3	5.3	3.0	2.5	3.3
L4	2.3		2.6	4.6
L5	2.6			4.6

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizados los análisis correspondientes, los cuales pueden ser consultados en el producto 15, se ha obtenido la alternativa A como la alternativa piloto para la selección de la PLM.

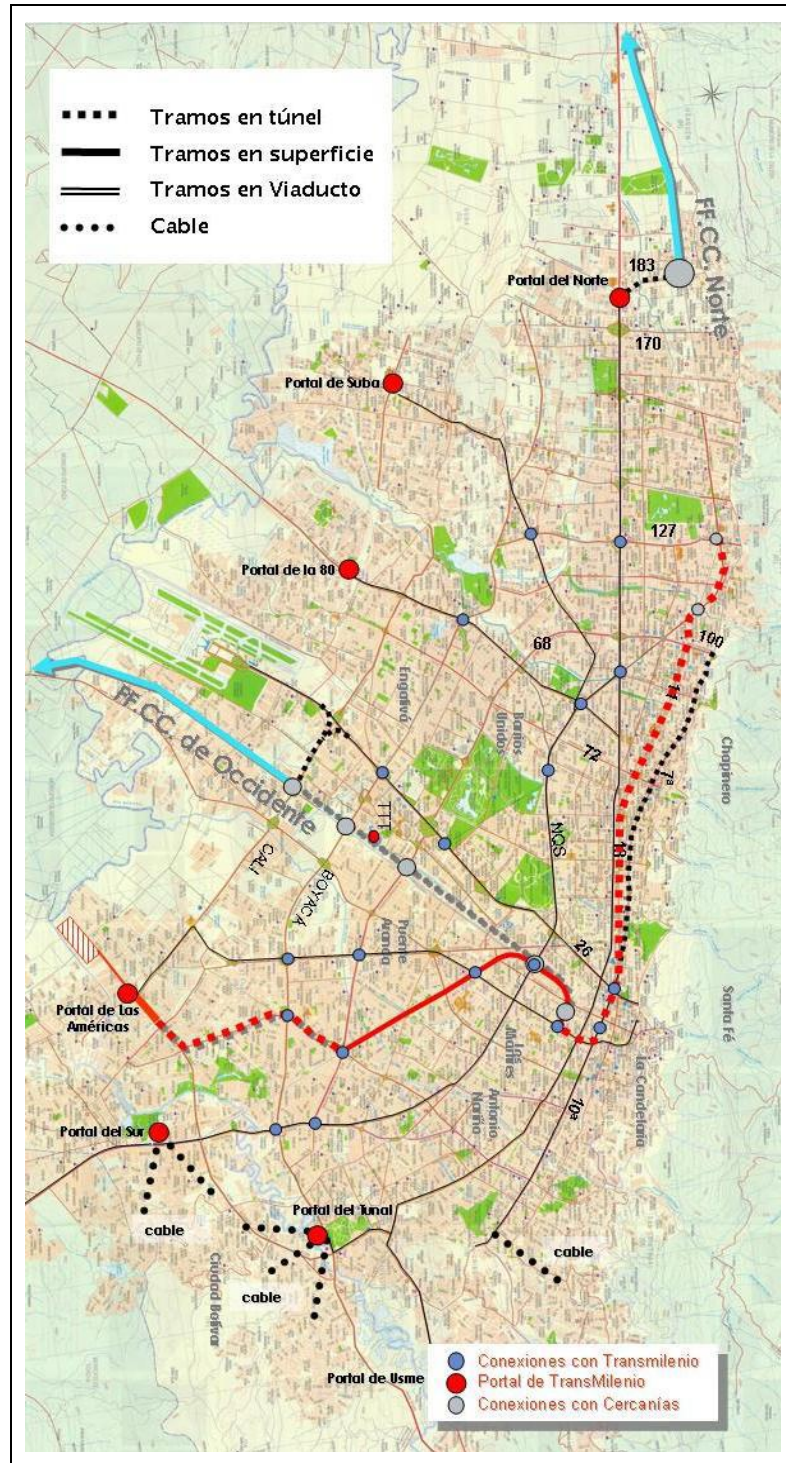
En este sentido, se ha realizado la codificación de 3 posibles primeras líneas componentes de la alternativa de red A, identificadas por colores y definidas como se describe en el Producto 17. Estas alternativas de red se han codificado en el escenario 2018, agregando todos los arcos y nodos necesarios, así como los servicios correspondientes ida y vuelta con una velocidad teórica de 35Km/h.

La codificación de las posibles PLM cuenta con un intervalo de paso igual para todas de 3 minutos, como una propuesta preliminar que cumple con un adecuado servicio debido a la menor longitud de las líneas analizadas por lo que no genera excesivos costos de inversión en material rodante.

Las líneas codificadas en el banco de datos como posibles PLM se representan gráficamente en el anexo A del presente documento.

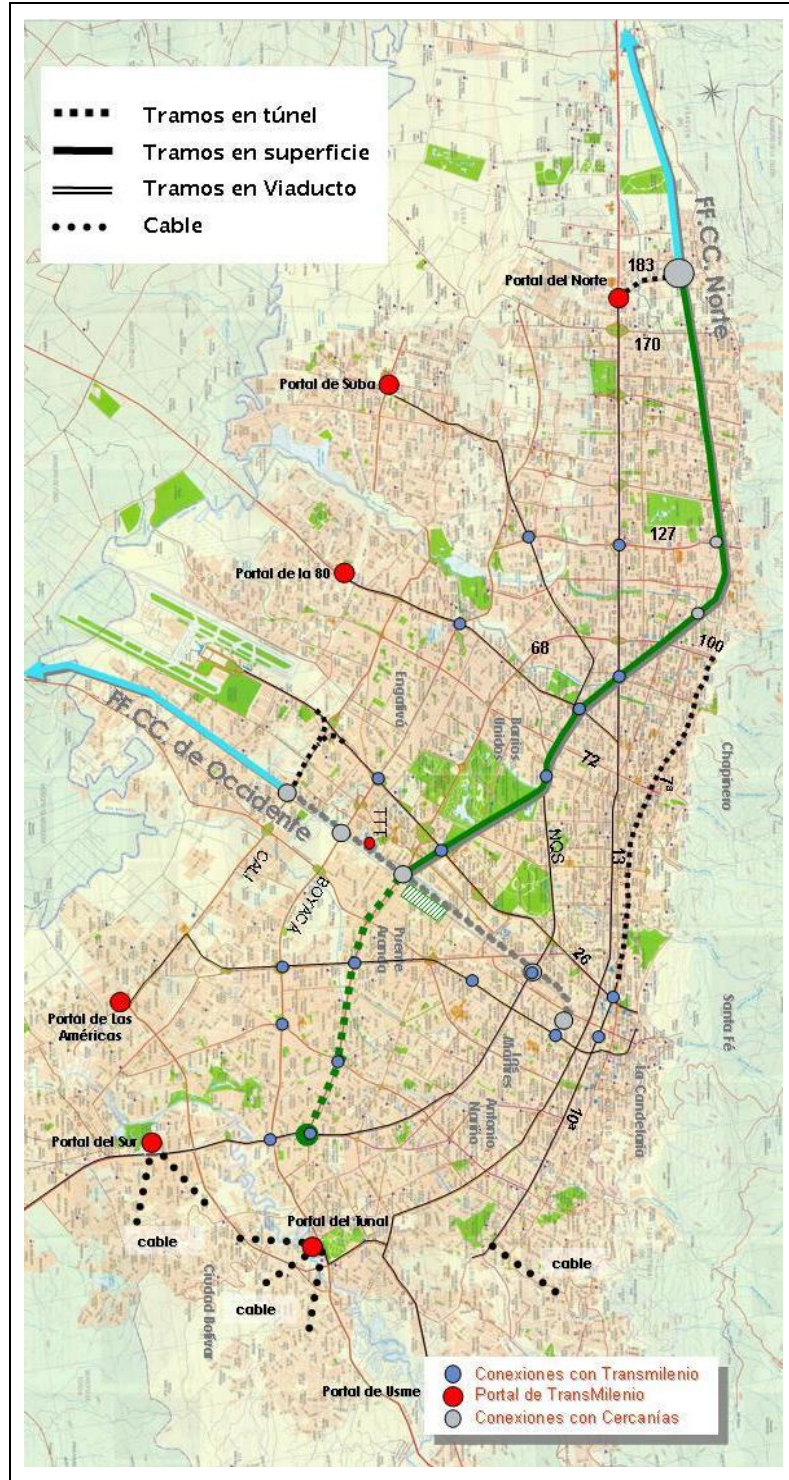
A continuación se incluyen los esquemas de las PLM evaluadas.

Figura 4-8. Posibles PLM: Línea Roja



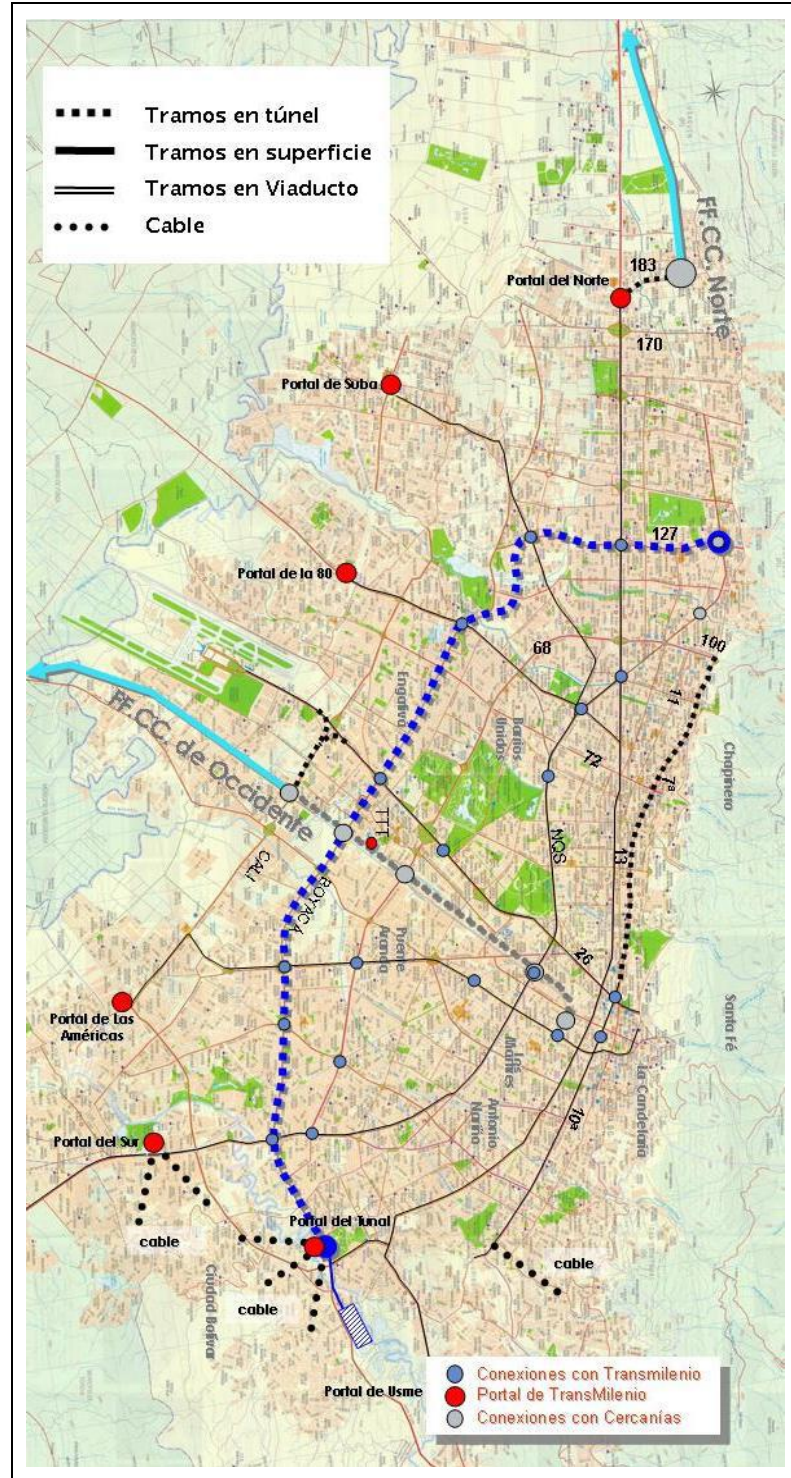
Fuente: Elaboración Propia

Figura 4-9. Posibles PLM: Línea Verde



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4-10. Posibles PLM: Línea Azul



Fuente: Elaboración Propia

4.5 TRANSPORTE PÚBLICO CONVENCIONAL

Las rutas de transporte público convencional corresponden a la codificación del escenario sin metro para cada año en estudio. Una vez aplicada la reordenación correspondiente a cada alternativa, se cuenta con una red de transporte más reducida que funciona como alimentador de los sistemas masivos.

El proceso de reordenación de transporte público corresponde a la aplicación de criterios generales que permitan estimar la optimización del transporte público en general, pero que no buscan la configuración definitiva del transporte público. El análisis y propuesta de la configuración del transporte público es analizado de forma detallada en el producto 26, de elaboración posterior al presente documento.

Los criterios de reordenación se resumen en la eliminación de los servicios que resultan con una superposición de más del 60% de su recorrido en una banda de 300 metro del eje de la alternativa de red o primera línea analizada.

El resultado de cada reordenación se ve representado en el Anexo B del presente documento, en el cual se muestran para las alternativas de red las 5 situaciones analizadas (4 redes de metro y un escenario sin metro), y para las alternativas de PLM las 4 situaciones analizadas (4 de posible PLM y un escenario sin metro).

En el caso de las alternativas de primera línea de metro se ha optimizado el sistema de alimentadores para mejorar la captación de demanda en cada una de las posibles líneas.

4.6 RUTAS ALIMENTADORAS

Los servicios de rutas alimentadoras en los escenarios Sin Metro cuentan con una codificación que controla las subidas y bajadas de los autobuses en modo que estos sean usados únicamente para complementar al sistema Transmilenio. En dirección a la troncal, la codificación permite el abordaje en todas las paradas, y no permite ninguna bajada hasta llegar a la estación de Transmilenio, en el caso contrario, cuando el autobús se aleja de la troncal, se permiten bajadas en todas las paradas, y ningún embarque.

A continuación se ilustra la ubicación de las alimentadoras que corresponde a los escenarios sin metro y que ha servido de base en los escenarios de redes de metro, así como de PLM. Como puede observarse en la siguiente imagen, las líneas alimentadoras cuentan con una ubicación estratégica que permite el acceso a las troncales de Transmilenio en la mayor parte de la zona urbana.

Los criterios para su creación se basaron en la accesibilidad de zonas que no contasen con alimentadores previos, o que estos estuvieran dirigidos exclusivamente a estaciones de Transmilenio. Se ha procurado igualmente no proponer alimentadores de más de 20 km para evitar que la mayor parte del recorrido realizado por los usuarios pudiera ser realizado en alimentadoras.

Esta codificación ha permitido estimar una demanda aproximada para las 3 alternativas de PLM analizada, considerando que la conexión del metro es fundamental para su optimización, especialmente cuando la red de metro aún no ha sido implementada y por tanto, la PLM tiene una cobertura mucho más reducida que el transporte público convencional, o incluso el modo Transmilenio.

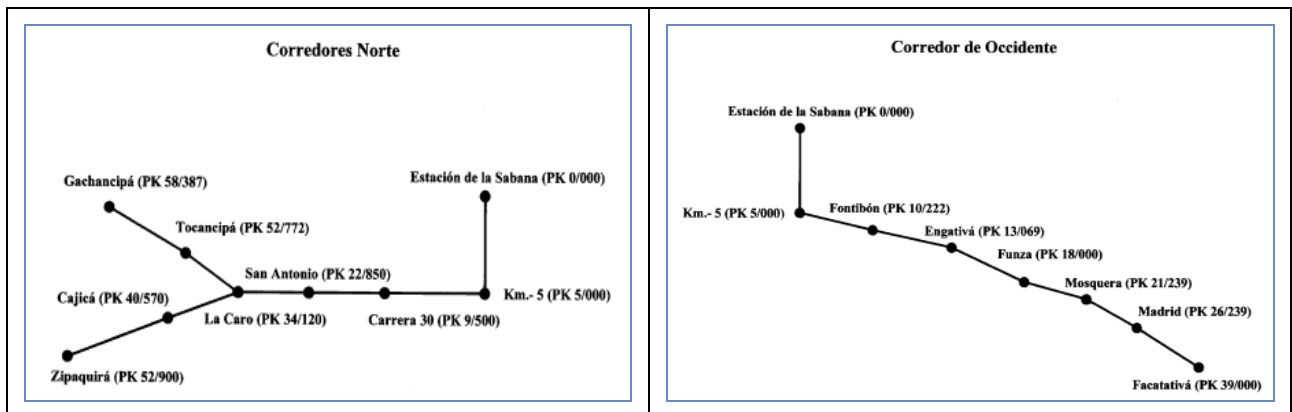
Puede verse en el anexo B la ubicación y descripción de las líneas de alimentadoras resultantes del análisis de reordenación preliminar aplicado a cada una de las posibles PLM.

4.7 TREN DE CERCANÍAS

El tren de cercanías mantiene constante la codificación implementada para los escenarios sin metro, debido a que para las alternativas de metro planteadas, el GC ha propuesto un uso compartido del trazado en las alternativas en las cuales el metro y el tren coinciden en el trazado y respondiendo a la propuesta de integración más óptima.

Esto ha resultado que independientemente de la alternativa planteada, el tren de cercanías puede mantener la configuración del proyecto original, contribuyendo así a la integración con los municipios vecinos.

Figura 4-13. Corredores del Norte y el Occidente



Fuente: Estudio de Viabilidad del Sistema de Transporte de Cercanías Sabana de Bogotá RENFE – INECO. Mayo 2000

Las características operativas implementadas para simular el tren de cercanías son:

Se ha implementado a través de la inclusión de un nuevo modo, con la adición de 80 arcos, una capacidad en hora pico: 699pasajeros/tren, de los cuales van sentados 175 pasajeros/tren. Se han codificado con 38Km/h todos los corredores y los intervalos de paso incluidos son los siguientes:

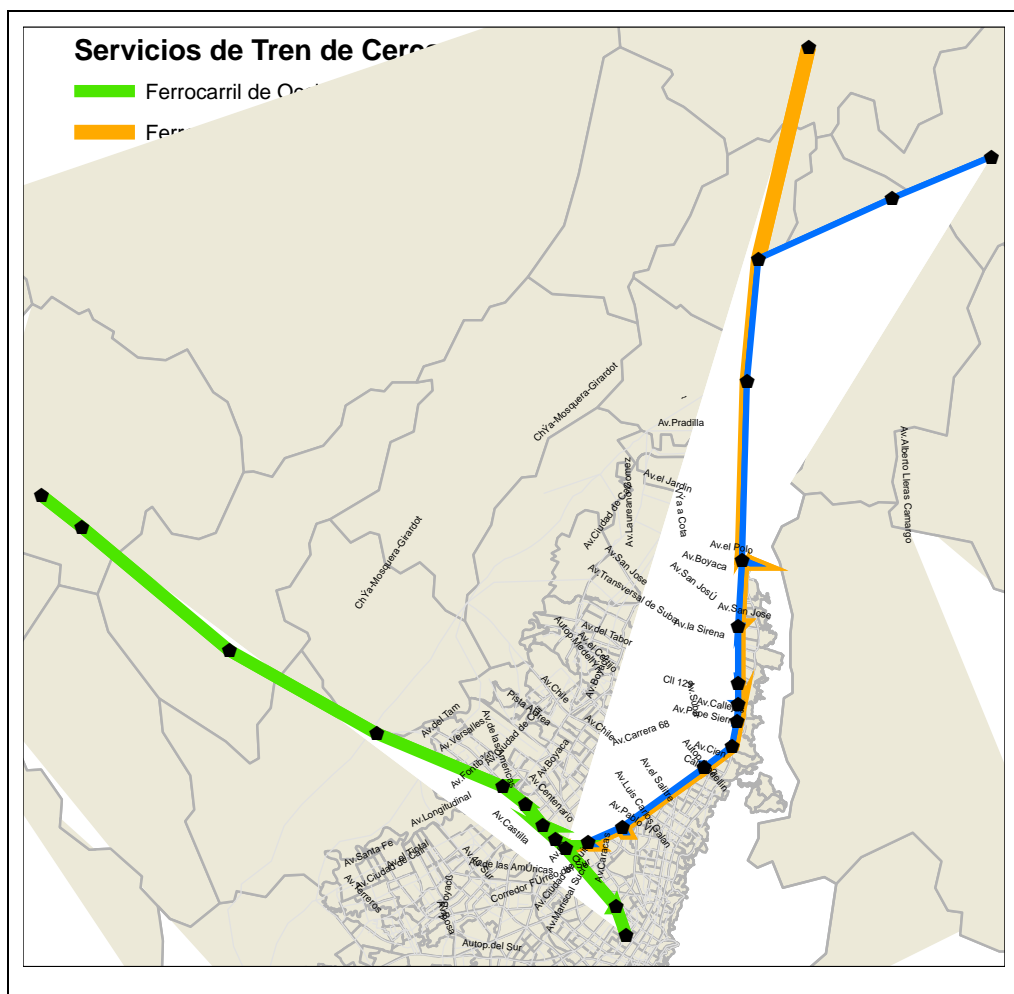
Tabla 4-2. Intervalos de paso en min. para el tren de cercanías

Corredor	2018	2028	2038
Occidente	9	6	4
Norte	6	5	4
Noroeste	20	20	15

Fuente: Estructuración Técnica, Legal y Financiera del Tren de Cercanías de la Sabana de Bogotá y el Distrito Capital 2008. ConCol

La codificación implementada puede verse en la siguiente imagen.

Figura 4-14 Representación de Tren de cercanías



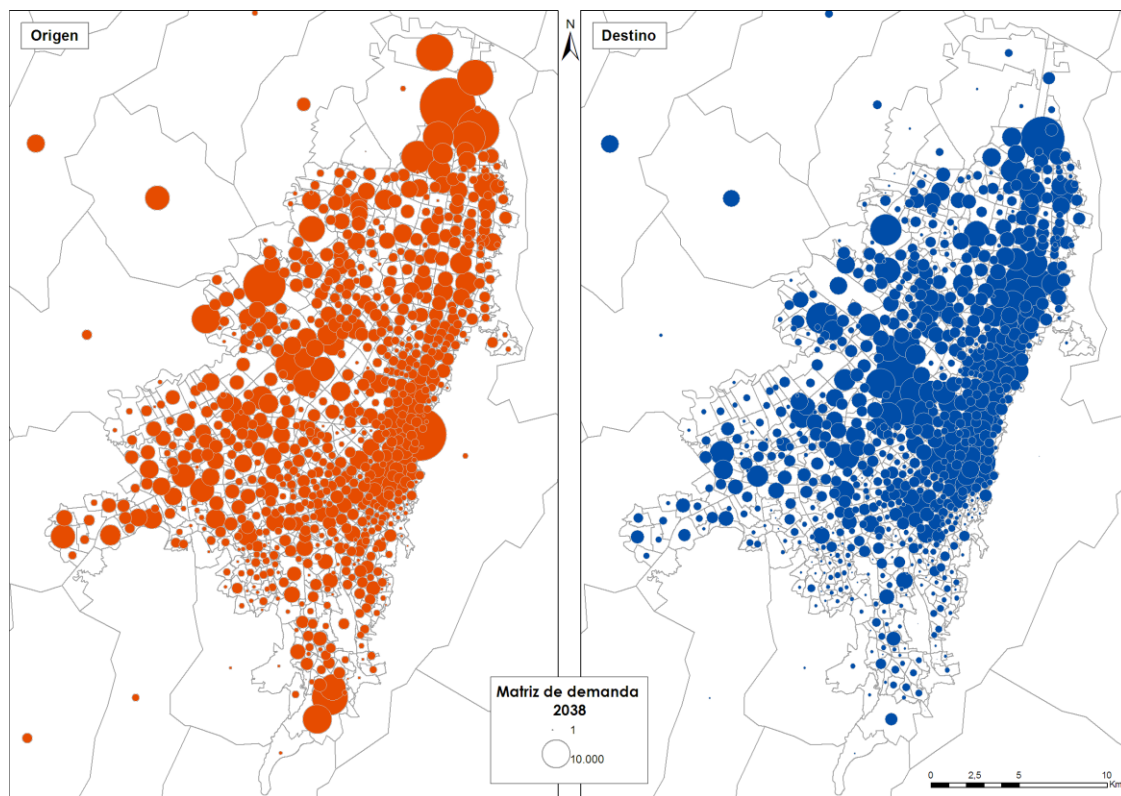
Fuente: Elaboración propia a partir del Emmebank

5 DEMANDA DE TRANSPORTE

La demanda de transporte se introduce en el modelo a través de las matrices de demanda las cuales se han obtenido a través del modelo de generación-atracción para cada uno de los escenarios sin metro descritos en el producto 3.

A continuación se presenta a modo de ilustración el comportamiento de los orígenes y los destinos de la hora pico que se ha obtenido y que ha permitido después de la aplicación de los procesos de análisis.

Figura 5-1. Generación y atracción por zona de la matriz 2038



Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de demanda realizado

Estas matrices se identifican en el banco de datos como se indica a continuación.

- mf184:dmau18 2009AL30 11:58 MATRIZ TRANSPORTE EN AUTO 2018
- mf185:dmau28 2009AL30 11:58 MATRIZ TRANSPORTE EN AUTO 2028
- mf186:dmau38 2009AL30 11:58 MATRIZ TRANSPORTE EN AUTO 2038
- mf187:dmp18 2009AL30 11:59 MATRIZ TRANSPORTE PUBLICO 2018
- mf188:dmp28 2009AL30 11:59 MATRIZ TRANSPORTE PUBLICO 2028
- mf189:dmp38 2009AL30 11:59 MATRIZ TRANSPORTE PUBLICO 2038

6 DESCRIPCIÓN DE LAS MACROS UTILIZADAS E INFORMES DE RESULTADOS

Para la asignación de los escenarios se han usado las siguientes macros:

- Privado: ~<casigau.bc (matriz), donde la matriz es la demanda en vehículos OD
- Público: ~<asigcsitpsv.bc (año) "texto" 1 1 1 en donde el año es el horizonte a asignar.

Con estas macros se han obtenido distintos informes que permiten interpretar los comportamientos de los individuos en el escenario modelado. A continuación se presenta un ejemplo de informe, en el cual se pueden obtener datos sobre los servicios de transporte público, el total de abordajes, el volumen máximo alcanzado, el promedio de ocupación, entre otros.

Figura 6-1. Parte de un informe de asignación de transporte público

```

TRANSIT LINES
*****
line mode veh no. hdwy line line -----passenger----- load-fact max oper. energy
      type veh (min) length time no.of km hours avg max volume costs consum
                               (km) (min) board.
05-1 b 15 8 8.00 18.03 61.93 205 1877.8 114.1 .28 .47 175 .00 .00
05-2 b 15 10 8.00 18.10 73.90 391 3047.3 228.7 .45 .94 353 .00 .00
101-1 b 2 20 6.00 36.75 118.35 992 6823.4 382.3 .62 1.19 358 .00 .00

```

Fuente: Resultados del modelo EMME

Con el análisis de los distintos informes se han calculado los indicadores aplicados para la evaluación, tales como totales de embarque por modo, pasajeros-Km, dimensión de la flota, tiempos de viajes, entre otros.

7 CONCLUSIONES SOBRE EL BANCO DE DATOS PARA EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE RED Y PLM

Para evaluar y definir la primera línea de metro (PLM) para Bogotá, se ha utilizado el modelo de transporte EMME del SITP. Este modelo se ha puesto al día con un nuevo ajuste a 2008 y se a proyectado para 2018, 2028 y 2038. Las codificaciones de metro incluidas en la base de datos que acompaña al presente documento corresponden a las descritas en los productos P15 y P17.

La base de datos en cuestión, descrita a lo largo de este documento, refleja parte del complejo proceso que simultáneamente con la administración se ha llevado a cabo para la evaluación y selección de la Primera Línea de Metro.

Esta herramienta permite obtener valores indicativos de los posibles comportamientos de los ciudadanos y no es una herramienta para prever de forma precisa el futuro de la ciudad.

En vista de la importante utilidad del modelo de transporte, que actualmente forma parte de las herramientas de planificación, la administración ha creado a través de diversos estudios, el modelo de transporte de la ciudad. El GC contribuye a la complementación de la información y respeta en todo lo posible las codificaciones y criterios preestablecidos y descritos en la documentación del SITP relacionada al modelo de transporte. Este esfuerzo por continuar con el trabajo realizado por la administración es necesario para contar con una herramienta enriquecida que al mismo tiempo sea compatible con lo ya realizado y la futura aplicación del modelo SITP.

Es importante considerar que el modelo de transporte es una herramienta flexible y que puede en todo momento ser objeto de implementación de detalles para simular de forma más precisa algunos elementos de la movilidad de la ciudad. Sin embargo, el nivel de detalle aplicado actualmente, responde a los objetivos del presente estudio y se considera adecuado y suficiente para la selección de la PLM. En particular el modelo sirve para estimar la carga de metro y los indicadores correspondientes a cada alternativa para la selección óptima de la primera línea.