



Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legal, de riesgos, técnico y financiero

Entregable 4
Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte
Anexo A

Documento No. L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

CONTROL DE CAMBIOS

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Sección Modificada	Observaciones
A	18-02-2022	-	Versión Inicial
B	14-03-2022	Integración de modificaciones solicitadas por la Interventoría / FDN / EMB	-
C	06-05-2022	1, 5, 6, 7, 8, 9 y 10	Observaciones Ministerio de Transporte Radicado MT No.: 20222100440511 Secciones
D	16-06-2022 22-06-2022		Atención a comentarios a partir de comunicación del Ministerio de Transporte Radicado MT No.: 20222100640101 del 08 de junio, 2022, y radicado MT No. 20222100688681 del 17 de junio, 2022

REVISIÓN Y APROBACIÓN FDN

J. C. Pantoja 22-06-2022
Gerente de estructuración

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Revisó: O. Véliz 22-06-2022	Revisó: F. Faria 22-06-2022	Revisó: C.L. Umaña 22-06-2022	Aprobó: J.M. Martínez 22-06-2022
VoBo. Director Técnico	VoBo. Director Financiero	VoBo. Director Legal	VoBo. Director General de Estructuración

TABLA DE CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	15
2. GENERALIDADES DEL MODELO DE 4 ETAPAS	17
2.1. Antecedentes del MTCEB	18
2.2. Área de estudio	20
2.3. Zonificación	20
2.3.1. Definición del AID y Detalle de su Zonifiación	22
2.4. Red del modelo	26
2.5. Estructura del modelo del MTCEB	27
2.5.1. Generación de viajes	30
2.5.2. Atracción de viajes.	34
2.5.3. Modelo de distribución	36
2.5.4. Modelo de selección modal	41
2.5.5. Modelo Incremental (Pivote)	46
2.5.6. Modelo de Motorización	49
2.5.7. Modelo de Asignación	52
2.5.7.1. Funciones flujo-demora	55
2.5.7.2. Asignación de precarga	62
2.5.7.3. Calibración vehículo privado	62
2.5.7.3.1 Vehículo particular	66
2.5.7.3.2. Taxis ocupados	66
2.5.7.3.3 Motos	67
2.5.7.3.4 Calibración modos privados AID	68
2.5.7.4. Calibración de transporte público	69
2.5.7.4.1 Regresión lineal transporte público	71

2.5.7.4.1.1 Calibración Transporte público AID L2MB	72
2.5.7.4.2 Penalidades de Transporte Público	74
3. VISIÓN DE CIUDAD (VECTORES DE POBLACIÓN Y USOS DEL SUELO)	75
4. PROYECCIÓN DE DEMANDA (CRECIMIENTO DE LAS MATRICES DE VIAJES POR MODO)	77
5. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS	81
5.1. Escenarios de Oferta	81
5.1.1. Proyectos de transporte público	83
5.1.2. Proyectos de transporte privado	88
5.2. Escenarios a modelar	90
5.3. Parámetros de modelación de escenarios	91
5.3.1 Supuestos de modelación transporte público	91
5.3.2. Propuesta Reestructuración de Rutas para la L2MB en la etapa de Factibilidad	98
5.3.2.1. Criterios de reestructuración y propuesta de alimentación	99
5.3.2.1.1. Resumen de planeamiento de rutas reestructuradas etapa de factibilidad	101
5.3.2.1.2. Resultados propuesta de reestructuración de ruta L2MB etapa de factibilidad	104
6. RESULTADOS ESTUDIO DE DEMANDA	108
6.1. Viajes producidos y atraídos por cada uno de los municipios	108
6.2. Transferencias, abordajes y descensos por estaciones	109
6.2.1. Abordajes por estaciones	110
6.2.2. Descensos por estaciones	112
6.3. Perfil de Carga por sentido	114
6.4. Cargas máximas	122
6.5. Matriz de Viajes entre Estaciones	124
6.6. Análisis de Tiempos de Viaje	139
6.6.1. Tiempos de Viaje usuarios vehículos privados	139

6.6.2. Tiempos de Viaje transporte público	140
6.7. Transferencias desde y hacia el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá	141
6.8. Demanda Expandida	143
6.8.1. Factores de expansión	143
6.8.1.1. Componente Troncal y Zonal - Demanda	143
6.8.1.2. Componente Troncal y Zonal - Oferta	143
6.8.1.3. Componente Metro - Demanda	144
6.8.1.4. Componente Metro - Oferta	144
6.8.1.5. Factores de Expansión Vehículo privado.	144
6.8.2. Resultados de Expansión de Demanda	145
6.9. Partición modal del total de viajes en el modelo	147
6.10. Transferencia Modal entre Estaciones	149
6.11. Carga de otros corredores de transporte público	165
6.12. Escenario COVID	171
6.12.1. Análisis Teórico: Contexto de la Pandemia por COVID 19	171
6.12.1.1. Análisis Inicial	171
6.12.1.1.1. Análisis del impacto de la pandemia covid-19 en la movilidad y su evolución área de Cundinamarca	171
7. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	176
7.1. Tiempo de acceso a estaciones	176
7.1.1. Sensibilidad tiempo de acceso a estaciones corte temporal 2032	176
7.1.2. Sensibilidad tiempo de acceso a estaciones corte temporal 2042	178
7.1.3. Sensibilidad tiempo de acceso a estaciones corte temporal 2052	181
7.2. Penalidad de Transferencia	183
7.2.1. Sensibilidad penalidad de transferencia corte temporal 2032	184
7.2.2. Sensibilidad penalidad de transferencia corte temporal 2042	186
7.2.3. Sensibilidad penalidad de transferencia corte temporal 2052	188

7.3. Resumen datos Sensibilidad L2MB	190
8. DEFINICIÓN DE ESCENARIO DE DISEÑO	195
8.1. Partición modal del total de viajes en el modelo - Escenario de diseño	196
8.2. Carga escenario de diseño	196
8.3. Abordajes y descenso escenario de diseño	199
8.4. Transferencias escenario de diseño	200
9. ESTIMACIONES DE DEMANDA ANÁLISIS BENEFICIO / COSTO	210
9.1. Análisis inicial B/C	210
9.1.1 Escenarios de oferta de transporte	210
9.1.2 Escenarios de Demanda	213
9.1.3. Escenarios a Modelar	214
9.1.4. Parámetros Operativos	214
9.1.5. Resultados de demanda análisis beneficio/ costo	214
9.1.5.1. Indicadores Vehículos Privados	214
9.1.5.1.1. Tiempos de Viaje	215
9.1.5.1.2. Indicadores Distancia recorrida	217
9.1.5.2. Indicadores Transporte Público	219
9.1.5.2.1. Tiempos de Viaje transporte público	219
9.1.5.2.2. Distancia recorrida transporte público	222
9.2. Análisis complementario B/C	225
9.2.1 Escenarios de oferta de transporte	225
9.2.2 Escenarios de Demanda	227
9.2.3 Parámetros operativos	228
9.2.4 Resultados de demanda análisis beneficio/ costo	228
9.2.4.1. Indicadores Vehículos Privados	228
9.2.4.1.1. Tiempos de Viaje	228
9.2.4.1.2. Indicadores Distancia recorrida	231

9.2.4.2. Indicadores Transporte Público	234
9.2.4.2.1. Tiempos de Viaje transporte público	234
9.2.4.2.2. Distancia recorrida transporte público	237
10. CONCLUSIONES	238
11. BIBLIOGRAFÍA	241
12. ANEXOS	243

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación de estaciones L2MB	15
Figura 2 - Conexión entre L2MB y PLMB	16
Figura 3. Zonas de Análisis de Transporte ZAT del área de estudio	21
Figura 5 Zonas de Análisis de Transporte ZAT del área alrededor de las estaciones	23
Figura 6. Crecimiento esperado de población en el AID durante el horizonte del proyecto	24
Figura 7 TCMA esperada para la población del AID durante el horizonte de análisis del proyecto	25
Figura 7. Población de acuerdo con el estrato en el AID de L2MB	26
Figura 4. Red vial existente MTCEB	27
Figura 9 Estructura Modelo de Cuatro Etapas	28
Figura 10. Viajes en Transporte Público Día Hábil	29
Figura 11. Viajes generados por ZAT en EODH vs. ACM	33
Figura 12. Destinos de la matriz calibrada vs destinos del modelo de atracción	36
Figura 13: Frecuencia normalizada de viajes de trabajo para cada intervalo de costo	38
Figura 14: Frecuencia normalizada y curva de ajuste para viajes de trabajo para cada intervalo de costo	39
Figura 15. Frecuencia normalizada de viajes de trabajo desde municipios para cada intervalo de costo	40
Figura 16. Frecuencia normalizada y curva de ajuste para viajes de trabajo para cada intervalo de costo	40
Figura 17. Frecuencia normalizada de viajes con motivo “otros” desde municipios para cada intervalo de costo	41
Figura 18. Estructura de nidos empleada en el modelo de elección discreta	42
Figura 19. Árbol de opciones para una persona que no dispone de vehículo privado	43
Figura 20. Árbol de opciones para una persona que dispone de moto	43

Figura 21. Árbol de opciones para una persona que dispone de auto	44
Figura 22. Árbol de opciones para una persona que dispone de auto y moto	44
Figura 23: Número de automóviles por 1.000 habitantes para cada estrato socioeconómico	51
Figura 24: Número de motocicletas por 1.000 habitantes para cada estrato socioeconómico	52
Figura 25 Diagrama general de asignación	54
Figura 26 Variaciones de los tiempos de recorrido de los arcos dependiendo de la función flujo-demora	57
Figura 27: Distribución espacial de las funciones flujo-demora	60
Figura 28: Distribución espacial del número de carriles	61
Figura 29: Distribución espacial de las velocidades a flujo libre	62
Figura 30. Puntos aforo de modos privados 2019	65
Figura 30. Regresión lineal de calibración para vehículos livianos	66
Figura 31. Regresión lineal de calibración para taxis ocupados	67
Figura 32. Regresión lineal de calibración para motos	67
Figura 34. Puntos aforo de modos privados 2019 en el AID	68
Figura 35. Información volúmenes Transporte publico 2019	70
Figura 36. Regresión lineal de calibración para volúmenes de pasajeros en buses zonales	71
Figura 37 : Regresión lineal de calibración para volúmenes de acceso a Transmilenio ...	72
Figura 38. Información volúmenes Transporte publico 2019 en el AID	73
Figura 36. Población por ZAT para 2019, 2032, 2050	76
Figura 37. Uso comercial por ZAT en m2 para 2019, 2032, 2050	76
Figura 38. Tamaño de matrices de viajes por modo y corte temporal	78
Figura 39. Crecimiento poblacional en Bogotá y 18 municipio vecinos	79
Figura 40. Partición modal Encuesta de Hogares 2019 (6:30-7:30)	80
Figura 44. Plano CU-4.4.1 “Sistema de movilidad Red del sistema de transporte público de pasajeros Urbano – Rural –Regional”	¡Error! Marcador no definido.
Figura 43. Conexiones con otros modos - REGIOTRAM del Norte y la PLMB y L4MB (Transporte masivo Av. Boyacá)	94
Figura 44. Conexiones con otros modos - Rutas Troncales	95
Figura 45. Conexión con rutas Intermunicipales	96
Figura 46. Proceso de análisis de reestructuración de rutas existentes y generación de alimentación	101
Figura 47. Cargas por Sentido. Año 2032	114
Figura 48. Cargas por Sentido. Año 2037	116
Figura 49. Cargas por Sentido. Año 2042	118
Figura 50. Cargas por Sentido. Año 2047	120

Figura 51. Cargas por Sentido. Año 2052.....	121
Figura 52. Cargas Máximas en los diferentes cortes temporales	122
Figura 53. Estación Calle 72 Como Origen y Destino - Año 2032.....	126
Figura 54. Estación Calle 72 Como Origen y Destino - Año 2037.....	129
Figura 55. Estación Calle 72 Como Origen y Destino - Año 2042.....	132
Figura 56. Estación Calle 72 Como Origen y Destino - Año 2047.....	135
Figura 59. Estación Calle 72 Como Origen y Destino – Año 2052.....	138
Figura 58. Comparativo de Transferencias desde y Hacia el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá	142
Figura 61. Comparativo de Transferencias desde y Hacia el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá	145
Figura 60. Abordajes totales en un Año.....	147
Figura 61. Cargas de otros corredores de transporte público - 2032	166
Figura 62. Cargas de otros corredores de transporte público - 2037	167
Figura 63. Cargas de otros corredores de transporte público - 2042	168
Figura 64. Cargas de otros corredores de transporte público - 2047	169
Figura 65. Cargas de otros corredores de transporte público - 2052	170
Figura 66. Nivel de ocupación del sistema respecto al nivel de referencia antes de la pandemia	172
Figura 67. Efectos de COVID Cambios en la movilidad - Lugares de Trabajo	173
Figura 68 Proyección demanda mensual SITP	175
Figura 69. Comparación carga máxima sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2032177	
Figura 70. Comparación abordajes sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2032....	178
Figura 71. Comparación carga máxima sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2042179	
Figura 72. Comparación abordajes sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2042....	180
Figura 73. Comparación carga máxima sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2052181	
Figura 74. Comparación abordajes sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2052....	183
Figura 75. Comparación carga máxima en sensibilidad por penalidad de transferencia 2032.	185
Figura 76. Comparación de transferencias en sensibilidad por penalidad de transferencia 2032.....	186
Figura 79. Comparación carga máxima sensibilidad penalidad de transferencia 2042 ..	187
Figura 78. Comparación abordajes sensibilidad penalidad de transferencia 2042	188
Figura 81. Comparación carga máxima sensibilidad penalidad de transferencia 2052 ...	189
Figura 80. Comparación abordajes sensibilidad penalidad de transferencia 2052	190
Figura 81. Planteamiento de Accesos Satelitales - Ingreso a estaciones	193
Figura 82. Planteamiento de Accesos estaciones	195

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción general de estaciones L2MB.....	16
Tabla 2 Zonas de Análisis de Transporte por municipio	22
Tabla 3. Variables para la construcción del modelo de generación de viajes.....	31
Tabla 4. Tasas de generación de viajes por estrato, motivo y grupo etario para Bogotá. 34	
Tabla 5. Variables para la construcción del modelo de atracción.....	35
Tabla 6. Tasa de atracción de viajes por estrato y uso de suelo para motivo trabajo	35
Tabla 7. Tasa de atracción de viajes por estrato y uso de suelo para otros motivos	36
Tabla 8: vehículos equivalentes transporte público	53
Tabla 9. Funciones flujo demora Escenario base 2019.....	57
Tabla 10. Resumen del Estadístico GEH de la Encuesta de Movilidad 2019.....	65
Tabla 11. GEH modos privados AID	68
Tabla 12. Resumen del Estadístico GEH de la Encuesta de Movilidad 2019.....	71
Tabla 13: GEH Transporte público AID	73
Tabla 14. Penalidades en Transporte Público Escenario Calibrado.....	74
Tabla 15. Escenario de Oferta 2 – Transporte público para el año 2032	84
Tabla 16. Escenarios de oferta 2ª – Transporte público para años 2037 y 2042.....	85
Tabla 17. Escenarios de oferta 3 – Transporte público para años 2047 y 2052.....	86
Tabla 18. Resumen Escenarios de Oferta Transporte Público.....	87
Tabla 19. Escenario – Transporte Privado	88
Tabla 20: Tarifas por modo.....	92
Tabla 21. Longitud entre estaciones - L2MB.....	93
Tabla 22. Velocidad Comercial - L2MB.....	93
Tabla 23. Valor Subjetivo Del Tiempo	97
Tabla 24. Rutas identificadas en superposición y/o competencia.....	100
Tabla 25. Rutas reestructuradas y alimentadoras - Etapa Factibilidad.	103
Tabla 26. Comparación de abordajes totales hora pico en rutas reestructuradas entre escenarios	105
Tabla 27. Abordajes en rutas alimentadoras	105
Tabla 28. Viajes producidos y atraídos entre municipios que usan la L2MB - Hora Pico	108
Tabla 29. Abordajes y transferencias - Hora Pico.....	111
Tabla 30. Transferencia y Descensos Hora Pico.....	112
Tabla 31. Cargas Máximas en el sentido más cargado (Norte-Sur).....	122
Tabla 32. Viajes entre estaciones, corte temporal 2032 Hora pico.	124
Tabla 33. Viajes entre estaciones, corte temporal 2037. Hora Pico.....	127

Tabla 34. Viajes entre estaciones, corte temporal 2042.Hora Pico.....	130
Tabla 35. Viajes entre estaciones, corte temporal 2047 Hora Pico.....	133
Tabla 36. Viajes entre estaciones, corte temporal 2052. Hora Pico.....	136
Tabla 37. Ocupación promedio por tipo de vehículo privado Hora Pico.....	139
Tabla 38. Tiempos de viaje en Transporte Privado (minutos) Hora Pico.....	140
Tabla 39. Tiempos de Viaje en Transporte Público (minutos) Hora Pico	141
Tabla 40. Transferencias desde y Hacia el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá Hora Pico	142
Tabla 41. Factores de expansión - Transporte Público	144
Tabla 42. Factor de expansión día.....	145
Tabla 43. Factor de expansión año.....	145
Tabla 44. Partición modal del total de viajes en el modelo	147
Tabla 45. Transferencia modal a estaciones de la L2MB Hora Pico	149
Tabla 46. Transferencias Desde Hacia - Estación 1/Calle 72 – 2032 Hora Pico	152
Tabla 47. Transferencias Desde Hacia - Estación 2/NQS – 2032 Hora Pico	153
Tabla 48. Transferencias Desde Hacia - Estación 3/AK 68 – 2032 Hora Pico.....	153
Tabla 49. Transferencias Desde Hacia - Estación 4/Av. Boyacá – 2032 Hora Pico.....	153
Tabla 50. Transferencias Desde Hacia - Estación 5/Av. Cali – 2032 Hora Pico	154
Tabla 51. Transferencias Desde Hacia - Estación 6/AC 80 – 2032 Hora Pico.....	154
Tabla 52. Transferencias Desde Hacia - Estación 7/KR 91 – 2032 Hora Pico.....	154
Tabla 53. Transferencias Desde Hacia - Estación 8/Humedal – 2032 Hora Pico.....	155
Tabla 54. Transferencias Desde Hacia - Estación 9/ALO Sur – 2032 Hora Pico.....	155
Tabla 55. Transferencias Desde Hacia - Estación 10/ALO Norte – 2032 Hora Pico	156
Tabla 56. Transferencias Desde Hacia - Estación 11/Fontanar – 2032 Hora Pico	156
Tabla 57. Transferencias Desde Hacia - Estación 1/Calle 72 – 2042Hora Pico	157
Tabla 58. Transferencias Desde Hacia - Estación 2/NQS – 2042 Hora Pico	157
Tabla 59. Transferencias Desde Hacia - Estación 3/AK 68 – 2042 Hora pico.....	157
Tabla 60. Transferencias Desde Hacia - Estación 4/Av. Boyacá – 2042 Hora Pico.....	158
Tabla 61. Transferencias Desde Hacia - Estación 5/Av. Cali – 2042 Hora Pico.....	158
Tabla 62. Transferencias Desde Hacia - Estación 6/AC 80 – 2042 Hora Pico.....	158
Tabla 63. Transferencias Desde Hacia - Estación 7/KR 91 – 2042 Hora Pico.....	159
Tabla 64. Transferencias Desde Hacia - Estación 8/Humedal – 2042 Hora Pico.....	159
Tabla 65. Transferencias Desde Hacia - Estación 9/ALO Sur – 2042 Hora Pico.....	160
Tabla 66. Transferencias Desde Hacia - Estación 10/ALO Norte – 2042 Hora Pico	160
Tabla 67. Transferencias Desde Hacia - Estación 11/Fontanar – 2042 Hora Pico	160
Tabla 68. Transferencias Desde Hacia - Estación 1/Calle 72 – 2052 Hora Pico	161
Tabla 69. Transferencias Desde Hacia - Estación 2/NQS – 2052 Hora Pico	161

Tabla 70. Transferencias Desde Hacia - Estación 3/AK 68 – 2052 Hora Pico.....	162
Tabla 71. Transferencias Desde Hacia - Estación 4/Av. Boyacá – 2052 Hora Pico.....	162
Tabla 72. Transferencias Desde Hacia - Estación 5/Av. Cali – 2052 Hora Pico.....	162
Tabla 73. Transferencias Desde Hacia - Estación 6/AC 80 – 2052 Hora Pico.....	163
Tabla 74. Transferencias Desde Hacia - Estación 7/KR 91 – 2052 Hora Pico.....	163
Tabla 75. Transferencias Desde Hacia - Estación 8/Humedal – 2052 Hora Pico.....	163
Tabla 76. Transferencias Desde Hacia - Estación 9/ALO Sur – 2052 Hora Pico.....	164
Tabla 77. Transferencias Desde Hacia - Estación 10/ALO Norte – 2052 Hora Pico	164
Tabla 78. Transferencias Desde Hacia - Estación 11/Fontanar – 2052 Hora Pico	165
Tabla 79. Resultados promedio modelo lineal.....	174
Tabla 80. Carga Máxima Sensibilidad tiempo de acceso a estaciones	191
Tabla 81. Carga Máxima Sensibilidad penalidad de transferencia	191
Tabla 82. Partición modal del total de viajes en el modelo - Escenario de Diseño Hora Pico	196
Tabla 83. Carga escenario 2032 - Escenario Diseño.....	196
Tabla 84. Carga escenario 2042 - Escenario Diseño.....	197
Tabla 85. Carga escenario 2052 - Escenario Diseño.....	198
Tabla 86. Abordajes Iniciales - Escenario Diseño Hora Pico	199
Tabla 87. Descenso finales - Escenario Diseño Hora Pico	200
Tabla 88. Transferencias Año 2032 - Escenario Diseño.....	201
Tabla 89. Transferencias Año 2042 - Escenario Diseño.....	203
Tabla 90. Transferencias Año 2052 - Escenario Diseño Hora Pico.....	206
Tabla 91. Proyectos de transporte público y privado - Escenario 0.....	211
Tabla 92. Proyectos de transporte público y privado - Escenario 1	212
Tabla 93. Proyectos de transporte público y privado - Escenario 2.....	213
Tabla 94. Ocupación promedio por tipo de vehículo privado.....	215
Tabla 95. Indicador de tiempo de viaje por escenario en la HMD (Minutos)	215
Tabla 96. Factor de expansión a día.....	216
Tabla 97. Indicador de tiempo de viaje por escenario en un día (Minutos).....	216
Tabla 98. Factor de expansión año.....	216
Tabla 99. Indicador de tiempo de viaje por escenario en un año (Minutos).....	217
Tabla 100. Indicador de distancia recorrida por escenario en la HMD (km).....	217
Tabla 101. Factor de expansión día.....	218
Tabla 102. Indicador de distancia recorrida por escenario en un día (km)	218
Tabla 103. Factor de expansión año.....	219
Tabla 104. Indicador de distancia recorrida por escenario en un año	219
Tabla 105. Indicador de tiempo de viaje del Transporte público por escenario en la HMD	

(Minutos).....	220
Tabla 106. Factor de expansión día.....	220
Tabla 107. Indicador de tiempo de viaje del Transporte público por escenario en un día (Minutos).....	220
Tabla 108. Factor de expansión año.....	221
Tabla 109. Indicador de tiempo de viaje del Transporte público por escenario en un año.....	221
Tabla 110. IPK al día	222
Tabla 111. Indicador de distancia recorrida en la hora pico de la mañana 2032	222
Tabla 112. Indicador de distancia recorrida en la hora pico de la mañana para el año 2052.....	224
Tabla 113. Resumen Indicadores de distancia recorrida en Año entre escenarios (km).....	225

GLOSARIO Y ABREVIATURAS.

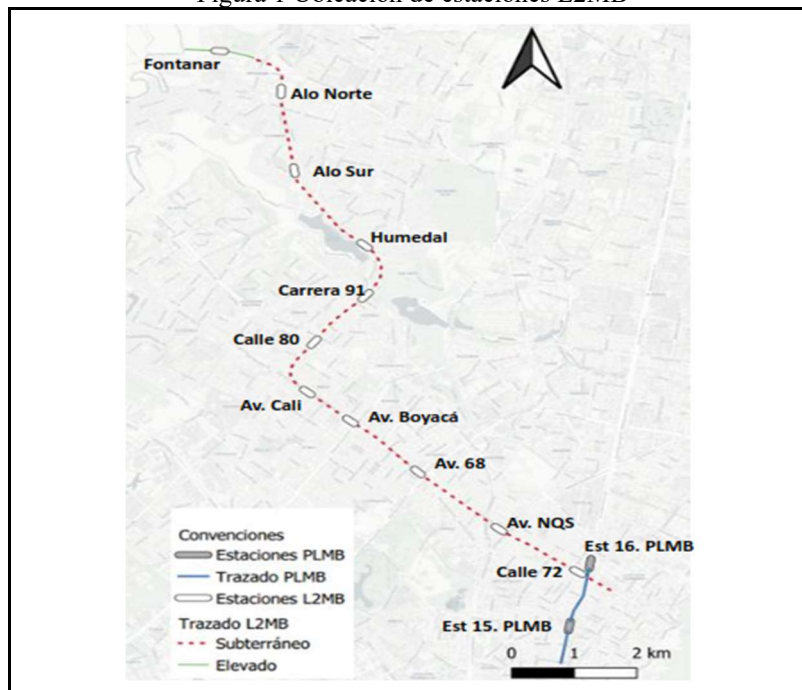
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, o Alcaldía Mayor
- Consultoría: Estructuración técnica y financiera de la extensión de la PLMB – Tramo 1.
- Empresa Metro de Bogotá, o EMB
- Financiera de Desarrollo Nacional, o FDN
- Fondo de Estabilización Tarifaria, o FET
- Secretaría Distrital de Ambiente, o SDA, o Autoridad Ambiental
- Secretaría Distrital de Movilidad, o SDM, o Autoridad de Transporte
- Secretaría Distrital de Planeación, o SDP
- Sistema Integrado de Transporte Público, o SITP, o Sistema
- Plan Maestro de Movilidad de Bogotá, o PMMB
- Plan de Ordenamiento Territorial, o POT
- Primera Línea de Metro de Bogotá, o PLMB-T1
- Para referirnos a TransMilenio:
- La empresa (ente gestor del SITP): TRANSMILENIO S.A. o TMSA
- El BRT (Sistema): Sistema TransMilenio, o Sistema de Transporte Masivo
- Corredor Férreo del Sur: L3MB
- Transporte masivo Av. Boyacá: L4MB
- Regiotram: se refiere al sistema de Regiotram son datos de Regiotram de Occidente + Regiotram del Norte.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La L2MB funciona como una línea nueva que inicia en la zona aledaña a la Avenida Caracas con Calle 72 integrándose con la PLMB a través de una estación de conexión, permitiendo la interfaz entre la tipología elevada y la tipología subterránea. El trazado se plantea de manera subterránea para diez de sus once estaciones, siendo la estación de Fontanar la única elevada.

En la siguiente figura y tabla se muestra la ubicación y tipología de estaciones de la L2MB.

Figura 1 Ubicación de estaciones L2MB



Fuente: MOVIUS

Tabla 1 Descripción general de estaciones L2MB

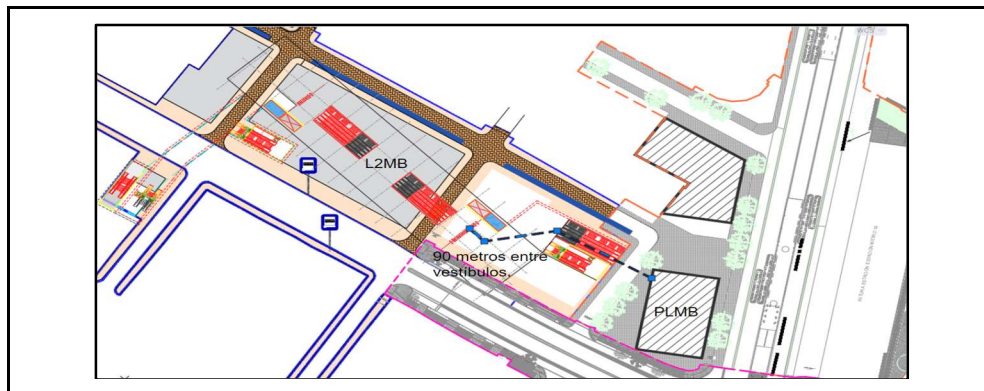
Estación	Localización	Tipología de la línea	Integración
E1	Calle 72	Subterránea	Transmilenio, Zonal, Bicicletas, Peatonal y PLMB
E2	Avenida NQS	Subterránea	Transmilenio, Zonal, Bicicletas y Peatonal
E3	Avenida 68	Subterránea	Transmilenio, Zonal, Bicicletas y Peatonal
E4	Avenida Boyacá	Subterránea	Zonal, Bicicletas y Peatonal
E5	Avenida Ciudad de Cali	Subterránea	Zonal, Bicicletas y Peatonal
E6	Calle 80	Subterránea	Transmilenio, Zonal, Bicicletas y Peatonal
E7	Calle 90	Subterránea	Zonal, Bicicletas y Peatonal
E8	Humedal	Subterránea	Zonal, Bicicletas y Peatonal
E9	ALO Sur	Subterránea	Zonal, Bicicletas y Peatonal
E10	ALO Norte	Subterránea	Zonal, Bicicletas y Peatonal
E11	Fontanar	Elevada	Zonal, Bicicletas y Peatonal

Fuente: MOVIUS



Para la integración de los proyectos de la PLMB y L2MB, se genera conectividad a través de la estación 16 de la PLMB y estación 01 de la L2MB, mediante circulaciones orientadas a reducir el desplazamiento garantizando una distancia entre vestíbulos de 90 metros de desplazamiento en planta, mediante circulaciones, elevadores y escaleras eléctricas y fijas intuitivas dirigidas a mejorar la experiencia de los usuarios, este manejo se muestra en la siguiente figura.

Figura 2 - Conexión entre L2MB y PLMB



Fuente: MOVIUS

Para el proyecto de la L2MB se ha definido un área de estudio en la cual se enfocan análisis tal como accesibilidad, sin embargo, es importante anotar que en términos de estimación de la demanda el área de estudio corresponde a toda la ciudad y a aquellos municipios en los cuales se generen viajes hacia o desde la L2MB.

La L2MB está conectada con todas las rutas del SITP que operan a su alrededor, así como también se ha configurado un conjunto de rutas alimentadoras. Teniendo en cuenta lo anterior y, adicionalmente, lo requerido en el ET01, se realiza un planteamiento de etapa de factibilidad de reestructuración de rutas, en la cual los componentes del sistema de transporte operan de manera complementaria bajo los siguientes pilares:

Revisión de rutas en sobreposición y/o competencia con L2MB: Enfocado en la identificación de rutas que, por su trazado, operan en paralelo a la L2MB, y por tanto, pueden ser sujetas a modificación.

Revisión de rutas que complementan/alimentan L2MB: Orientado a identificar posibilidades de integración de rutas de transporte público actualmente en operación con la L2MB. En el presente proyecto se tiene, adicionalmente una reestructuración de rutas.

Así mismo, teniendo en cuenta las dinámicas de integración con otros modos de transporte se realiza un ejercicio de integración tarifaria en el cual se evalúan diferentes rangos de tarifas de acuerdo al viaje que los usuarios realicen.

2. GENERALIDADES DEL MODELO DE 4 ETAPAS

El contenido de este capítulo fue realizado por la SDM.

El MTCEB está construido bajo la estructura clásica de los modelos de transporte de cuatro etapas, lo que permite medir los impactos que tienen los cambios en la demanda o en la puesta en operación de nuevos esquemas de transporte sobre la forma en que viajan las personas en términos de la generación y atracción de viajes, la distribución de dichos viajes en la red, la selección y uso de los modos disponibles y la cuantificación de costos percibidos por los usuarios en sus desplazamientos sobre la red de transporte.

De manera general, el MTCEB se puede entender como un grupo de procesos donde confluyen e interactúan dos grandes bloques de información; por un lado están los insumos externos, constituidos por todos aquellos datos y procesos que están por fuera del MTCEB pero que son necesarios para alimentarla y asegurar su correcto funcionamiento, y por otro, todos los procesos y resultados intermedios que hacen parte de la lógica interna del modelo y que en términos prácticos terminan siendo cada una de

las cuatro etapas (o sub-modelos) que en conjunto forman la estructura del modelo de transporte de la ciudad.

Las cuatro etapas consisten en 1) estimación de la generación y atracción de los viajes en las diferentes zonas de análisis transporte (ZAT) en las que se divide el área total para modelar, de acuerdo con las proyecciones de población y usos del suelo; 2) estimación la cantidad de viajes de cada zona que se dirige hacia las otras zonas de análisis; 3) calculo de cuántos viajes se van en cada uno de los modos disponible; y 4) estimación de la ruta de cada viaje y por consiguiente los costos y tiempos de viaje incurridos en cada recorrido

2.1. Antecedentes del MTCEB

Este modelo es el resultado de más de 20 años de trabajo agregado liderado por la administración de Bogotá. En cada consultoría desarrollada se ha venido evaluando los impactos en movilidad de diferentes proyectos a partir de la modelación, con ellas el MTCEB se ha ajustado y actualizado, al realizar tomas de campo para calibrar la línea base en años más recientes y para evaluar mejor los cambios en demanda o por la puesta en operación de nuevos esquemas de transporte, se ha dado mayor detalle y se ha robustecido cada uno de los cuatro pasos del modelo. A continuación, se presenta una línea de tiempo de las últimas actualizaciones que se han hecho.

2007-2010 – Modelo Unificado: Modelo de asignación de vehículo privado, transporte público y carga. 824 zonas.

2010 – Modelo Metro (SENER para SDM): Modelo de cuatro etapas que incorpora generación, atracción, distribución, selección modal y pivote. 824 zonas.

2011 – Revisión del Modelo de Transporte de Cuatro Etapas (Steer Davies Gleave para SDM): Consolida modelos Unificado y Metro en una herramienta. 863 zonas.

2011 – Encuesta de Movilidad (Steer Davies Gleave para SDM): Calibración del modelo de asignación con nueva zonificación y matrices resultantes de la encuesta. 945 zonas.

2013 – Red Metro ligero (Steer Davies Gleave para SDM): Calibración del modelo de asignación de transporte público con los resultados del ejercicio de preferencias declaradas (valor del tiempo por estrato, coeficientes de funciones de costo, constantes modales).

- 2013** – Estimación de Demanda para la Primera Línea de Metro (Steer Davies Gleave para el Consorcio L1 para IDOM): Modelo de generación y modelos de asignación.
- 2013-2014 – Modelo de Cuatro Etapas para el proyecto de Cobros por Congestión (Steer Davies Gleave para SDM):** Calibración de modelos de generación, atracción, selección modal y asignación de vehículo privado y transporte público a partir de la información de la Encuesta de Movilidad 2011.
- 2014** – Proyecto de Asociación Público Privada “Bogotá Eléktrika” (Steer Davies Gleave para BOGOTÁ ELEKTRIKA SAS): Actualización modelo de redes de transporte público.
- 2016 – Estructuración PLMB (Secretaría Distrital de Movilidad):** Actualización de oferta y tarifas de transporte público, ajuste en calibración de transporte público, Actualización de vectores de población y usos del suelo (SDP)
- 2017 – Formulación POT (Steer Davie Gleave para SDP) :** Ajustes en el detalle de la red de modelación, actualización oferta transporte público 2017. Actualización Vectores de usos del suelo y población. 1022 zonas.
- 2017 – Estructuración técnica Fase I y II de TransMilenio (Steer Davies Gleave para TM):** Actualización modelo de elección modal, especificación detallada parámetros operacionales del transporte público.
- 2017 – Actualización Cobros por distancia (Steer Davies Gleave para SDM):** Red de modelación de transporte privado, detalle modelo de elección modal de transporte privado, ajuste en calibración multidimensional detallada de transporte privado.
- 2018 – Reingeniería del SITP (Steer Davies Gleave para TM):** Actualización matriz O/D AM Transporte Público, actualización oferta 2018, actualización y calibración multidimensional detallada de parámetros modelo de asignación transporte público.
- 2019** – Actualización Regiotram de Occidente (Steer Davies Gleave para EFR): Sub-modelo de 4 etapas para Municipios de la sabana de occidente.
- 2020 – Modelo de 4 Etapas Encuesta de Movilidad 2019 (Steer Davies Gleave para SDM):** Actualización completa a partir de la encuesta de movilidad. Incluye información del modelo de Regiotram de Occidente.
- 2021**– Integración Regiotram de Occidente (Steer Davies Gleave para EFR y SDM): Actualización completa a partir de la encuesta de movilidad (EM).

Estos dos últimos modelos 2020 (EM Encuesta de Movilidad 2019) y 2021 (Integración Regiotram de Occidente), son el punto de partida para los análisis de demanda de los requisitos CONPES de Calle 13, teniendo en cuenta la zona de influencia del corredor. Mientras que para el Proyectos de CONPES de L2MB se parte del modelo de Encuesta de Movilidad 2019.

2.2. Área de estudio

La última actualización de cada uno de los submodelos del MTCEB se realizó mediante el contrato de consultoría 2018-1835 celebrado entre la Secretaría Distrital de Movilidad y la Unión Temporal Steer-CNC-Encuesta de Movilidad 2018 el cual tiene como objeto “Realizar la Encuesta de Movilidad, que comprende la Encuesta Origen-Destino de Hogares (EODH) y la Encuesta de Origen-Destino de Interceptación (EODI) para Bogotá y los municipios vecinos de su área de influencia, y la actualización del modelo de transporte de cuatro etapas del área de estudio.”

Dicha actualización del MTCEB tiene como área de estudio Bogotá y 18 municipios vecinos: Bojacá, Cajicá, Chía, Cota, El Rosal, La Calera, Facatativá, Funza, Gachancipá, Madrid, Mosquera, Sibaté, Soacha, Sopó, Tabio, Tenjo, Tocancipá y Zipaquirá. En esta última actualización se amplió el número de zonas, obteniendo un total 1,141 ZAT en el área de estudio, dentro de las cuales 922 corresponden a Bogotá y 219 a los municipios vecinos.

2.3. Zonificación

La zonificación del área de estudio se realizó en la Etapa II del proyecto. Esta zonificación se realizó en función del nivel de consolidación urbana de Bogotá con respecto al resto de los municipios y de la dinámica derivada en materia de atracción y generación de viajes. La zonificación que corresponde al nivel de análisis geográfico de los viajes y al propósito funcional del modelo de transporte se define a través de las ZAT.

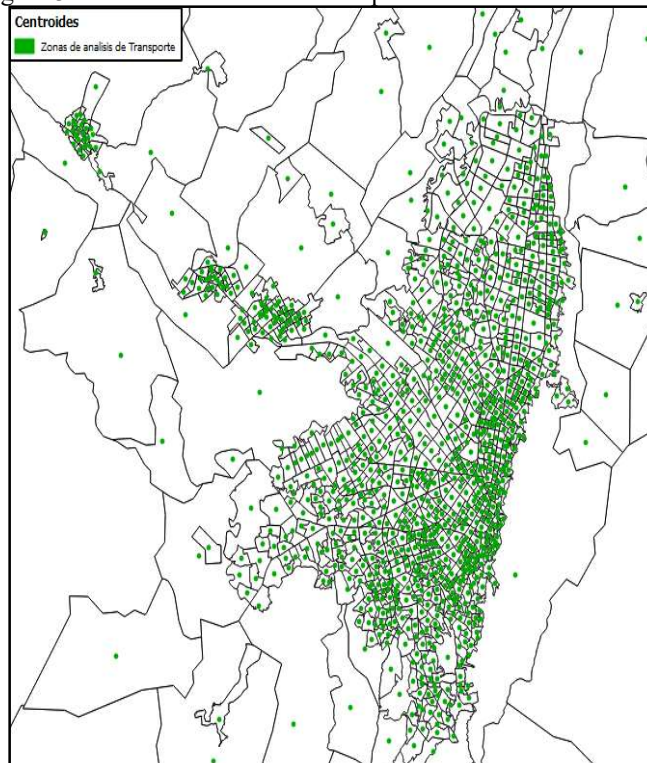
La definición de las ZAT se hizo a partir de la revisión de las ZAT de las encuestas de movilidad 2011 y 2015 y de la identificación de nuevos desarrollos y/o polígonos de crecimiento potencial. Adicionalmente, se realizó un análisis de consistencia de los siguientes criterios:

- Sectores censales.
- Estrato socioeconómico.
- Usos del suelo.

- Proyecciones de crecimiento.
- Malla vial.
- Conectividad y accesibilidad.

En total hay 1.141 ZAT en el área de estudio. En la siguiente figura se ilustra el área de estudio y la zonificación adoptada para el modelo de transporte.

Figura 3. Zonas de Análisis de Transporte ZAT del área de estudio



Fuente: SDM, 2022

Adicionalmente a la zonificación de los municipios del área de análisis, existen zonas externas que representan viajes de larga distancia, de acuerdo con las regiones del país con las cuales se conecta la ciudad de Bogotá. En la siguiente tabla se presenta un resumen del número de zonas de análisis de transporte para cada uno de los municipios incluyendo las zonas externas fuera del área de estudio.

Tabla 2 Zonas de Análisis de Transporte por municipio

Municipio	Número de Zonas de Análisis de Transporte
Bogotá	922
Bojacá	3
Cajicá	4
Chía	7
Cota	6
El Rosal	2
Facatativá	30
Funza	23
Gachancipá	3
La Calera	7
Madrid	30
Mosquera	35
Sibaté	2
Soacha	32
Sopó	4
Tabio	2
Tenjo	5
Tocancipá	3
Zipaquirá	5
Zonas externas	16

Fuente: SDM, 2022

2.3.1. Definición del AID y Detalle de su Zonificación

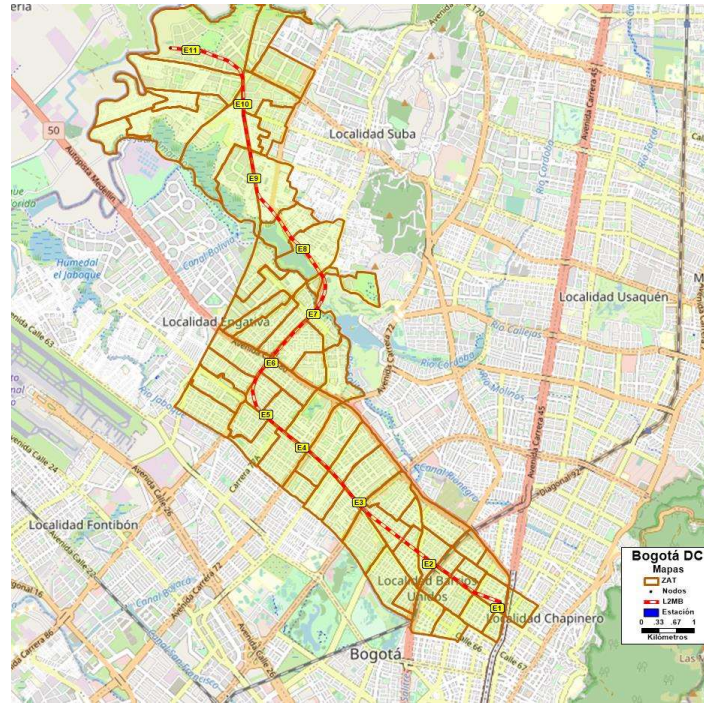
En la siguiente figura se observan las Zonas de Análisis de Transporte (ZAT) que hacen parte del Área de Influencia Directa (AID) del proyecto. Esta desagregación permite caracterizar de manera detallada estos puntos para analizar los viajes originados y atraídos.

El AID fue determinada por las ZATs que estuvieran en un buffer de entre 500m y 1000m y que no traspasaran los límites o fronteras naturales o geográficas existentes en la ciudad.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

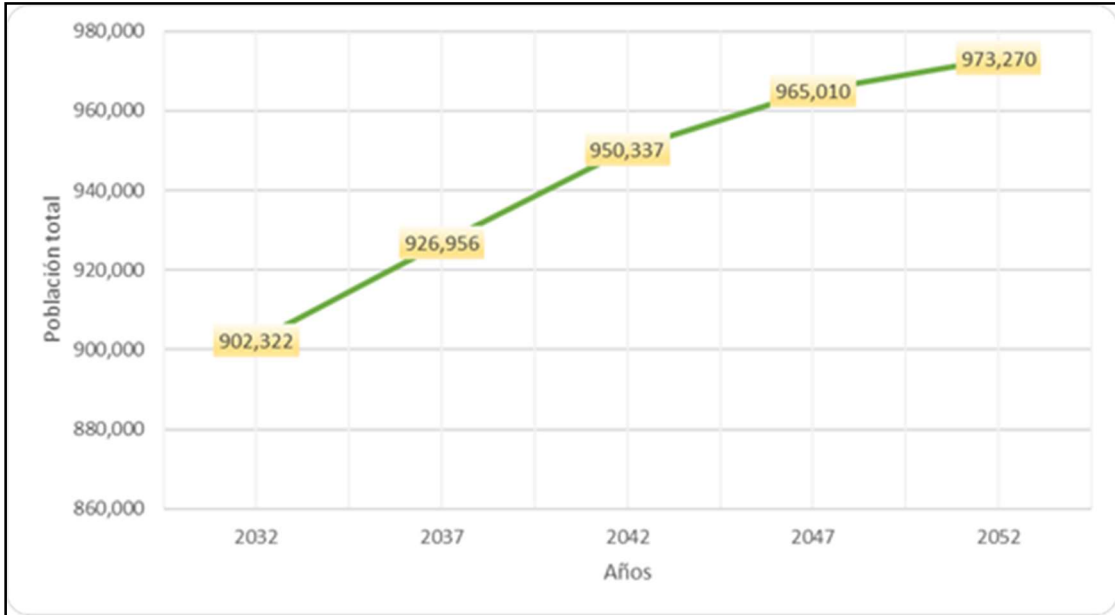
Figura 4 Zonas de Análisis de Transporte ZAT del área alrededor de las estaciones



Fuente: MOVIUS

En el AID mostrada, se tiene la siguiente cantidad de población de acuerdo con los años horizontes.

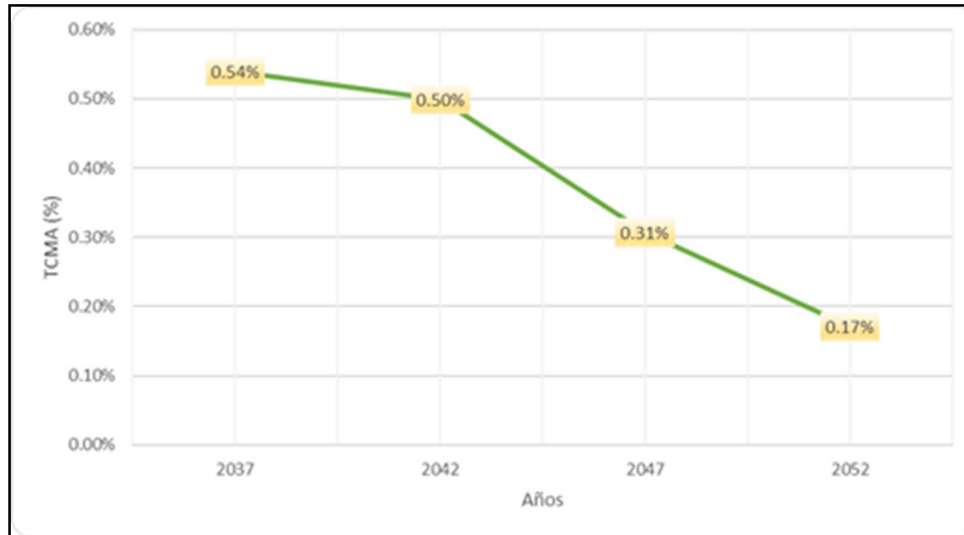
Figura 5. Crecimiento esperado de población en el AID durante el horizonte del proyecto



Fuente: MOVIUS

La Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) desde el 2032, se muestra en la siguiente figura.

Figura 6 TCMA esperada para la población del AID durante el horizonte de análisis del proyecto

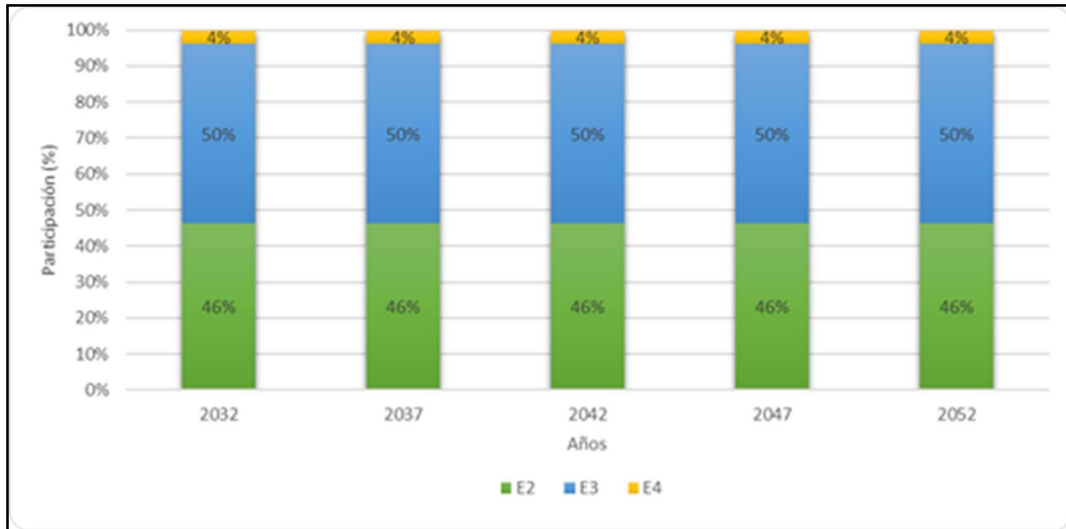


Fuente: MOVIUS

La TCMA del AID es menor que la TCMA de Bogotá y de toda la zona de estudio (Bogotá y municipios aledaños incluidos en el modelo de cuatro etapas). En el periodo comprendido entre 2030 y 2050, la TCMA de Bogotá es el 2.0%, mientras que para toda la zona de estudio asciende a 2.2%

La composición de la población en la AID de L2MB de acuerdo con los estratos, se muestra en la siguiente figura.

Figura 7. Población de acuerdo con el estrato en el AID de L2MB



Fuente: MOVIUS con base en información del DANE

Se puede apreciar que entre los estratos 2 y 3 son el 96% de la población y solo el 4% es de estrato 4. Estas zonas son consideradas de alta necesidad de transporte público¹

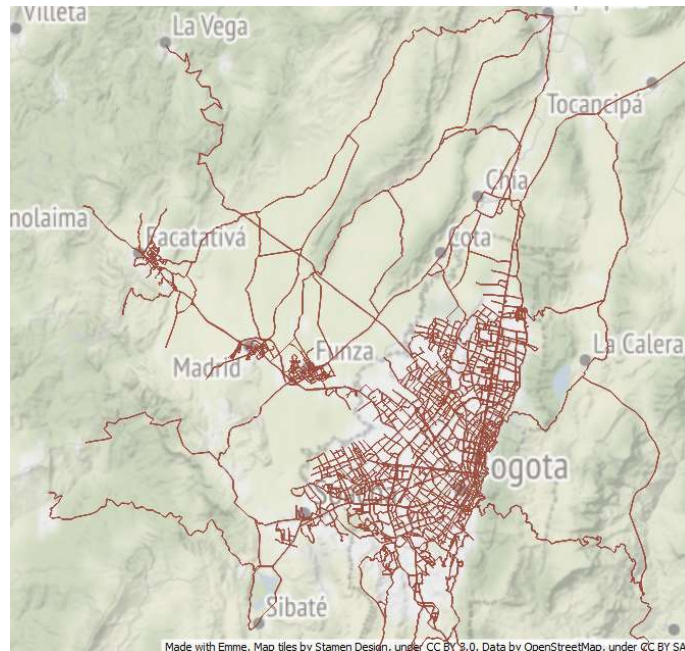
Entonces, el AID de L2MB reside principalmente en los estratos 2 y 3 y predomina el tipo de uso de suelo residencial.

2.4. Red del modelo

En la siguiente figura se presenta la red vial presente en el modelo de la ciudad desarrollado para la encuesta de movilidad de 2019

¹ Tabla 3.2 de Producto 1 Análisis de Transporte y Formulación de Alternativas. Estudio de prefactibilidad de L2MB (2020)

Figura 8. Red vial existente MTCEB



Fuente: SDM, 2022

Se observa, el MTCEB presenta una red detallada en el área de influencia de la L2MB. En total el escenario base 2019 cuenta con 17,889 links, 6,552 nodos de los cuales 1,141 corresponden a ZATs

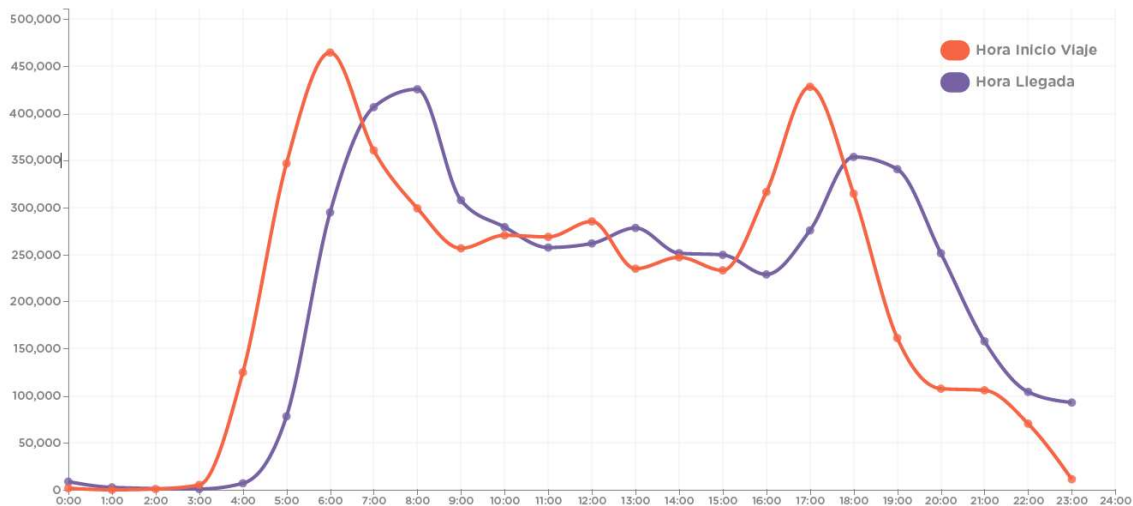
2.5. Estructura del modelo del MTCEB

A continuación, se presenta la estructura utilizada para la formulación y aplicación del MTCEB y 18 municipios vecinos, así como la información utilizada para la estimación de los submodelos de cada una de las etapas y su relación con los otros procesos. Donde los recuadros con relleno azul, representan cada parte del submodelo y los recuadros sin relleno los insumos externos.

- Los FOVs, Volúmenes por modo y validaciones, usados en el proceso de calibración del proceso de asignación son producto del Contrato de Monitoreo y TMSA. Se aclara que el escenario base de calibración es 2019, teniendo en cuenta que, en 2020, 2021 y 2022 Bogotá se vio afectada por las restricciones y cambios en los comportamientos de viaje resultado de la pandemia COVID-19

Se aclara que el MTCEB, sigue la estructura clásica del modelo de cuatro etapas, por tanto, representa los viajes para la Hora de Máxima Demanda (HMD) de la mañana comprendida entre las 6:30 – 7:30 a.m. Esta HMD corresponde al pico en términos de viajes de Transporte Público para la ciudad de Bogotá, que a su vez coincide con la HMD de viajes motorizados.

Figura 10. Viajes en Transporte Público Día Hábil



Fuente: Encuesta de Movilidad, 2019

Los modos de transporte incluidos en el modelo de cuatro etapas son: auto, moto, taxi, camiones y todas las modalidades de transporte público. Los segmentos de usuarios dependen de cada uno de los submodelos del MTCEB, como se presentará más adelante en la explicación de cada uno de ellos.

Las cuatro etapas principales del modelo son:

Modelo de generación y atracción: Tiene por objeto estimar la cantidad de viajes que se generan y atraen en cada una de las zonas del modelo. Para esto se evalúan las características demográficas, socioeconómicas y de uso del suelo de cada zona. El

resultado de esta etapa son los vectores de generación y atracción de viajes para cada tipo de viaje.

Modelo de distribución de viajes: tiene por objeto definir la relación entre los viajes generados y atraídos en cada zona y, a través de una relación matemática y de las impedancias entre cada zona, determinar la cantidad de viajes para cada par origen-destino. El resultado de este modelo es una matriz de viajes amodales por motivo de viaje en donde las sumatorias por origen y por destino corresponden a los vectores estimados en el paso de generación y atracción.

Modelo de selección modal: tiene por objeto estimar la proporción de viajes que se realizan en los diferentes modos de transporte para cada par origen-destino. El insumo principal para esta etapa son las matrices de viaje creadas en el paso anterior y los costos de viaje asociados a cada modo. Los resultados de esta etapa son matrices de viaje por modo y estrato.

Modelo de asignación: tiene por objeto estimar las rutas que cada uno de los viajes toma entre cada par origen-destino. Las matrices de viajes creadas en el paso anterior son asignadas a la red de transporte para determinar volúmenes de vehículos o pasajeros en los diferentes arcos de la red y los costos asociados con estas cargas. El resultado final son viajes por segmento de estrato y costos por arco, así como los costos promedio entre origen y destino para cada modo en formato de matriz. El modelo de asignación incluye vehículo particular y transporte público.

2.5.1. Generación de viajes

Como se mencionó anteriormente el modelo de generación tiene como objetivo estimar los viajes generados durante la hora pico (6:30 a 7:30 am) del día teniendo como insumos variables socioeconómicas y de características de los viajes.

Para la actualización del modelo de generación de viajes en Bogotá y los 18 municipios se tiene en cuenta el estrato socioeconómico y la ubicación de la vivienda donde residen las personas que realizan los viajes en la hora pico, el propósito del viaje y el modo de transporte empleado.

A continuación, se presentan las variables en detalle y la segmentación considerada para la construcción de los grupos de segmentación presentados posteriormente.

Tabla 3. Variables para la construcción del modelo de generación de viajes

Tipo de variable	Variable	Segmentación
Socioeconómica	Estrato de la vivienda en Bogotá	1 y 2
Socioeconómica	Estrato de la vivienda en Bogotá	3
Socioeconómica	Estrato de la vivienda en Bogotá	4
Socioeconómica	Estrato de la vivienda en Bogotá	5 y 6
Socioeconómica	Edad de la población	5 a 24 años
Socioeconómica	Edad de la población	25 a 64 años
Socioeconómica	Edad de la población	Más de 64 años
Socioeconómica	Ubicación de la vivienda en el área de estudio	Zona Norte: Cota, Tenjo, Chía, Cajicá, Tabio, Zipaquirá
Socioeconómica	Ubicación de la vivienda en el área de estudio	Zona Occidente: Funza, Mosquera, Bojacá, Madrid, Facatativá, El Rosal
Socioeconómica	Ubicación de la vivienda en el área de estudio	Zona Sur: Soacha, Sibaté
Socioeconómica	Ubicación de la vivienda en el área de estudio	Zona Oriente: La Calera, Sopó, Tocancipá, Gachancipá
Característica del viaje	Propósito	Trabajo
Característica del viaje	Propósito	Otro
Característica del viaje	Modo principal	Auto, moto, taxi y transporte público

Fuente: SDM, 2022

Características socioeconómicas y de los viajes.

Para la construcción del modelo de generación, se evalúan las variables: propósito de los viajes, estrato socioeconómico, grupo etario para el período pico de la mañana (6:31 a.m.- 7:29 a.m.) para realizar la formulación del modelo utilizando el método de Análisis de Clasificación Múltiple (ACM).

El número de viajes por persona que se generan en el periodo de análisis para una ZAT específica se denomina tasa de generación de viajes. El objetivo de la fase de generación de viajes es entender las razones que motivan los viajes de las personas y producir una relación matemática que sintetice los patrones de viaje observados. Uno de los métodos con mayor aceptación en la literatura es el Análisis de Clasificación Múltiple (ACM), o en inglés Cross-Classification Analysis, el cual clasifica la población en segmentos dados por características socioeconómicas que determinan la probabilidad de generación de viajes.

Este método asume que las tasas de viajes son estables en el tiempo, por lo que se pueden estimar escenarios futuros acorde al cambio en las variables de clasificación asociadas a las tasas. El método encuentra las tasas a partir de la segmentación de datos de viaje de

una población, por lo que requiere de una base de datos robusta como la Encuesta de Movilidad.

Las ventajas de este método son:

- Los grupos de clasificación múltiple son independientes del sistema de zonificación del área de estudio.
- No se requieren supuestos previos para la relación de los grupos, pues estos no tienen que ser lineales.
- Las relaciones pueden ser diferentes de grupo a grupo, por ejemplo, el efecto de los cambios en el tamaño del hogar para uno o dos hogares puede ser diferente.

Tasas obtenidas:

Una forma de validar parcialmente las tasas consiste en contrastar los viajes generados por ZAT de acuerdo con la aplicación de las tasas con aquellos generados a partir del módulo de viajes de la EODH para el periodo de estudio. Para hacer esto, se grafica el valor de viajes en la encuesta originados en cada ZAT respecto al valor predicho por las tasas ACM, de tal forma que cada punto en la gráfica corresponderá a una ZAT. En el caso ideal, todos los puntos se ubicarían sobre una recta de pendiente igual a 1 e intercepto 0, ya que la cantidad de viajes originados por ZAT debería ser la misma tanto en la EODH como en el método ACM. Sin embargo, dado que la aplicación del método de generación de viajes se basa en la aplicación de promedios y supuestos sobre la clasificación de la población, es inevitable la aparición de errores asociados a estos factores. A continuación, se muestra la gráfica obtenida a partir de la aplicación de las tasas:

Figura 11. Viajes generados por ZAT en EODH vs. ACM



Fuente: SDM, 2022

Como se puede observar, al llevar a cabo la regresión lineal de los puntos obtenidos se tiene una pendiente de 0.915, que como se esperaba está cerca de la unidad. Por otra parte, se obtiene un R2 del 73.7%, el cual es aceptable considerando las suposiciones mencionadas anteriormente. Si bien la prueba del R2 no constituye un criterio suficiente para validar las tasas obtenidas, funciona como un criterio de consistencia en el marco de los datos contenidos dentro de la encuesta y como forma de evaluar la pertinencia de la elección de la segmentación.

De lo anterior, las tasas de generación de viajes por persona, segmentadas por grupo etario y estrato para Bogotá y separadas por propósito de viaje, son:

Tabla 4. Tasas de generación de viajes por estrato, motivo y grupo etario para Bogotá

Trabajo			
Estrato/Edad	5 a 24	25 a 64	Mayor a 64
1	0,010397	0,073155	0
2	0,010397	0,073155	0
3	0,031855	0,094614	0,01987
4	0,058653	0,121411	0,046667
5	0,05513	0,117889	0,043145
6	0,05513	0,117889	0,04314
Otros			
Estrato/Edad	5 a 24	25 a 64	Mayor a 64
1	0,034953	0,02023	0,012178
2	0,034953	0,02023	0,012178
3	0,056411	0,041689	0,033636
4	0,083209	0,068486	0,060433
5	0,079686	0,064963	0,05513
6	0,079686	0,06496	0,05513

Fuente: SDM, 2022

2.5.2. Atracción de viajes.

El modelo de atracción tiene como objetivo la estimación de los viajes que finalizarían en cada una de las ZAT durante la hora pico de un día típico. Para lograr esto, generalmente se construye un modelo de regresión lineal con variables independientes como el empleo, cupos educativos, área de actividad comercial, residencial, oficial e industrial, entre otros.

Los modelos de atracción de viajes suelen ser menos confiables que los de generación. La razón principal es la dificultad para obtener una correlación entre los viajes atraídos por una zona y las actividades o usos del suelo allí presentes. Adicionalmente, la recopilación y clasificación de los usos del suelo son un reto por la complejidad y densidad de la ciudad.

Los modelos utilizados son generalmente de regresión múltiple y en la mayor cantidad de casos de regresión lineal. Para el caso del modelo de Bogotá se utilizaron las siguientes variables para su estimación.

Tabla 5. Variables para la construcción del modelo de atracción

Tipo de variable	Variable	Segmentación
Socioeconómica	Estrato predominante en la ZAT	1
Socioeconómica	Estrato predominante en la ZAT	2
Socioeconómica	Estrato predominante en la ZAT	3
Socioeconómica	Estrato predominante en la ZAT	4
Socioeconómica	Estrato predominante en la ZAT	5
Socioeconómica	Estrato predominante en la ZAT	6
Socioeconómica	Ubicación de la vivienda en el área de estudio	Municipios
Socioeconómica	Metros cuadrados por tipo de uso	Residenciales, comercio, industria, equipamientos, educativos, comercio y servicios, recreación y turismo
Socioeconómica	Cupos educativos	
Característica del viaje	Propósito	Trabajo
Característica del viaje	Propósito	Otro

Fuente: SDM, 2022

Tasas obtenidas

A continuación, se presentan las tasas obtenidas, tras el proceso de pruebas con regresiones lineales, para los motivos trabajo y otros. Las tasas que tuvieron una probabilidad menor al 5% se dejaron en 0.

Tabla 6. Tasa de atracción de viajes por estrato y uso de suelo para motivo trabajo

Uso	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Municipios
Residencial	0	0	0	0,0009	0,0012	0	0
Comercial	0	0	0,0057	0,0106	0	0,026	0
Industrial	0	0,0026	0	0,0062	0	0	0
Equipamientos	0,0083	0	0	0	0	0	0
Educativo	0	0,0059	0	0	0	0	0
Comercio y Servicios	0,0059	0	0,0085	0,009	0,0109	0,0062	0
Recreación y Turismo	0	0	0,0571	0	0	0	0
Cupos	0	0	0	0,0533	0	0	0,0119

Fuente: SDM, 2022

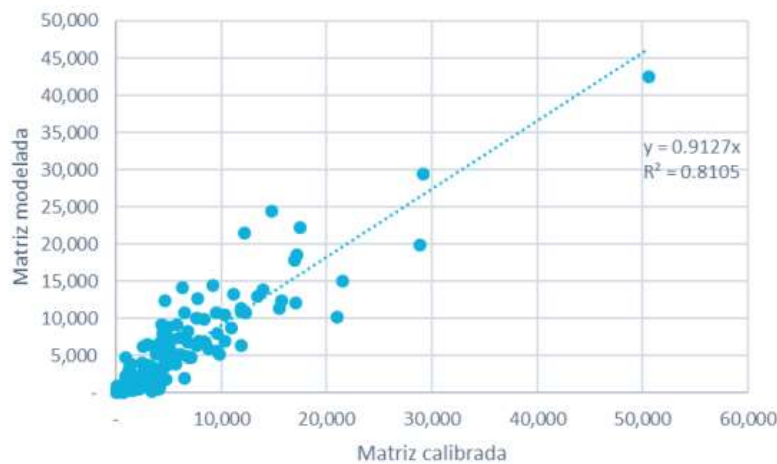
Tabla 7. Tasa de atracción de viajes por estrato y uso de suelo para otros motivos

Uso	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Municipios
Residencial	0	0,0004	0,0004	0	0,0019	0	0
Comercial	0	0	0,0036	0	0	0,0171	0
Industrial	0	0	0	0	0	0	0
Equipamientos	0	0	0	0,0093	0	0	0
Educativo	0,0085	0	0,0131	0	0	0	0,0028
Comercio y Servicios	0,0025	0	0,0021	0,0054	0,0036	0	0
Recreación y Turismo	0	0	0,0486	0	0	0,0268	0
Cupos	0	0,0397	0	0,1081	0	0	0,0123

Fuente: SDM, 2022

Para validar las tasas y el proceso de atracción se compararon los destinos de las matrices calibradas con los viajes atraídos según el modelo construido, agregados a nivel de UTAM. A continuación, se presenta dicha comparación.

Figura 12. Destinos de la matriz calibrada vs destinos del modelo de atracción



Fuente: SDM. 2022

2.5.3. Modelo de distribución

El modelo de distribución de viajes tiene como objetivo definir la relación entre los viajes generados y atraídos para cada una de las ZAT, al generar una relación matemática que incluye como variables principales los vectores de generación y atracción estimados en los pasos anteriores y una medida de la “fricción” o costo de realizar un viaje en cada par origen-destino. El resultado del modelo de distribución se visualiza en una matriz de viajes por motivo de viaje en donde las sumatorias por origen y por destino corresponden a los vectores estimados en el paso de generación y atracción, respectivamente. Su fórmula general es la siguiente:

Ecuación 1: Viajes entre la zona i y la zona j

$$V_{ij} = G_i * \frac{A_j * f(C_{ij})}{\sum_j (A_j * f(C_{ij}))}$$

Donde:

V_{ij} : viajes entre la zona i y la zona j

G_i : viajes generados en la zona i (estimados con el modelo de generación)

A_j : viajes atraídos en la zona j (estimados con el modelo de atracción)

$f(C_{ij})$: función de costos entre las zonas i y j

La función de costos $f(C_{ij})$ representa el costo de viajar entre las zonas i y j , llamada función de impedancia, la cual puede estar determinada por la distancia o el tiempo de viaje o el costo generalizado debido a la realización de un viaje. Sin embargo, es común evaluar únicamente las dos primeras variables, debido a que el costo del viaje es un factor difícil de obtener. La forma funcional para emplear en el modelo es conocida como función combinada, y tiene la siguiente forma:

Ecuación 2:: Función combinada

$$f(C_{ij}) = c_{ij}^{\alpha} e^{-\beta C_{ij}}$$

Donde α y β son parámetros por encontrar.

Esta función permite obtener la distribución de la concentración de viajes en función de la impedancia determinada en las observaciones, por lo que las estimaciones con este modelo serán consistentes con el comportamiento observado en el escenario base y se considera como constante en los diferentes cortes temporales de los escenarios futuros.

Del paso de distribución se obtienen matrices de viajes totales por motivo y segmentos de demanda. Los motivos desagregados en el modelo son:

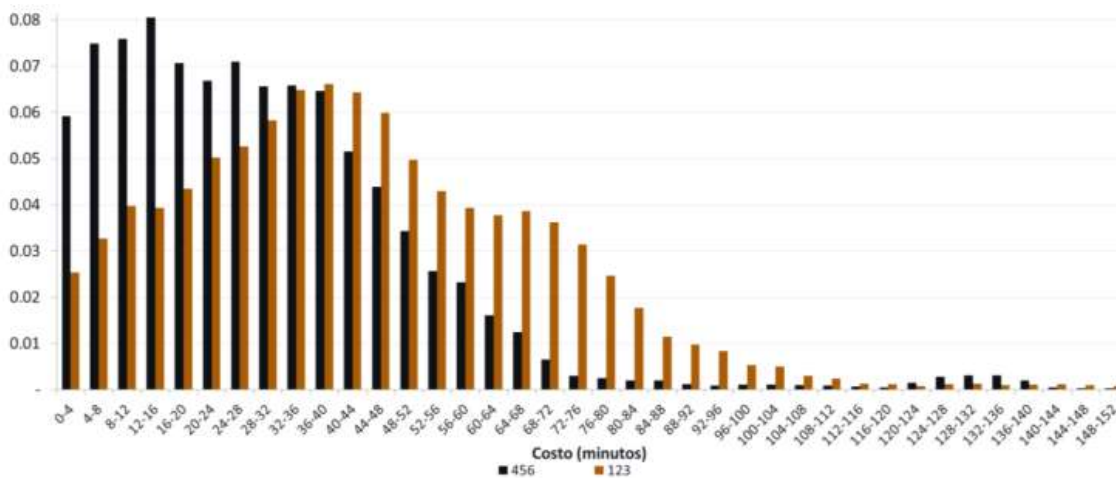
- Trabajo
- Otros

Los segmentos de demanda son los siguientes:

- Segmento 1: Estratos 1, 2 y 3.
- Segmento 2: Estrato 4, 5 y 6.
- Segmento 3: Municipios.

La anterior selección de segmentos y motivos es empleada debido a la distribución observada en los histogramas de dichas agrupaciones. En la siguiente figura se puede observar cómo la frecuencia de viajes para cada rango de costos generalizados del tiempo presenta una forma ajustable mediante una función si se utiliza la segmentación de estratos sugerida para viajes con motivo trabajo, siendo las barras en café segmentos de estratos 1, 2 y 3 y en negro los estratos 4, 5 y 6.

Figura 13: Frecuencia normalizada de viajes de trabajo para cada intervalo de costo



Fuente: SDM, 2022

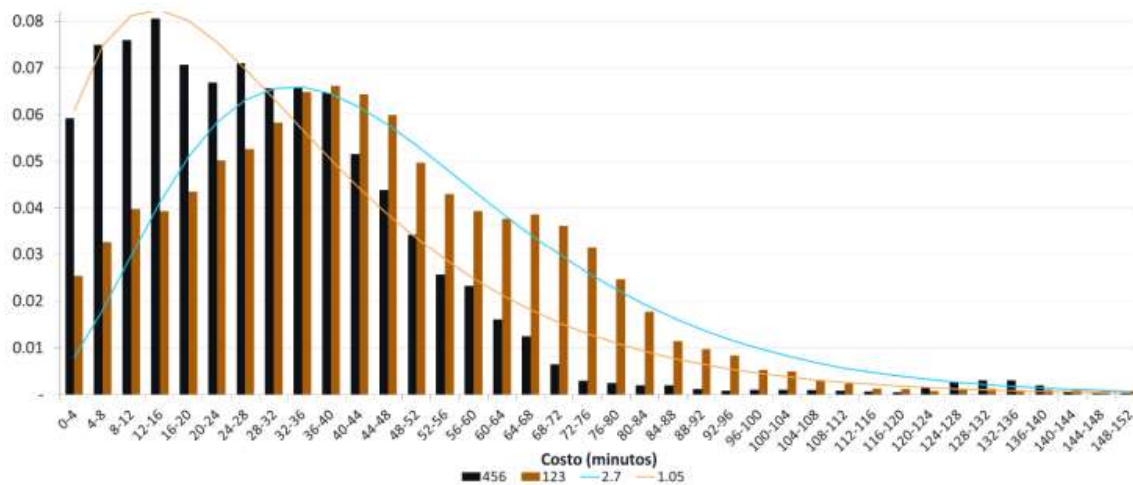
Esta separación permitirá ajustar una función de impedancia a cada segmento de estratos, permitiendo mayor exactitud en la distribución.

Debido a que, cómo se mencionó previamente, el modelo de producción de viajes resulta más confiable que el de atracción de viajes, el balanceo de la matriz resultante es

simplemente acotado; es decir que la restricción prioritaria es que ésta se ajuste al vector de producción de viajes por motivo de viaje.

Una vez construidos los histogramas, el siguiente paso consiste en ajustar los parámetros α y β en la función combinada de impedancia, de tal forma que se reproduzca de la manera más fiable posible la distribución exhibida en los segmentos. Para ello, se emplean una serie de iteraciones sobre los parámetros α y β , de tal forma que al final se escoge el par con menor diferencia porcentual respecto a los histogramas a reproducir. A partir de esto, se obtienen las siguientes curvas de ajuste de la función de impedancia que corresponde a la función combinada con parámetros $\alpha=2,7$ y $\beta=0,07$ para el segmento de estratos 1,2 y 3 (Barras en color café de la figura), y $\alpha=1,05$ y $\beta=0,055$ para el segmento de estratos 4, 5 y 6 (Barras en color negro de la figura).

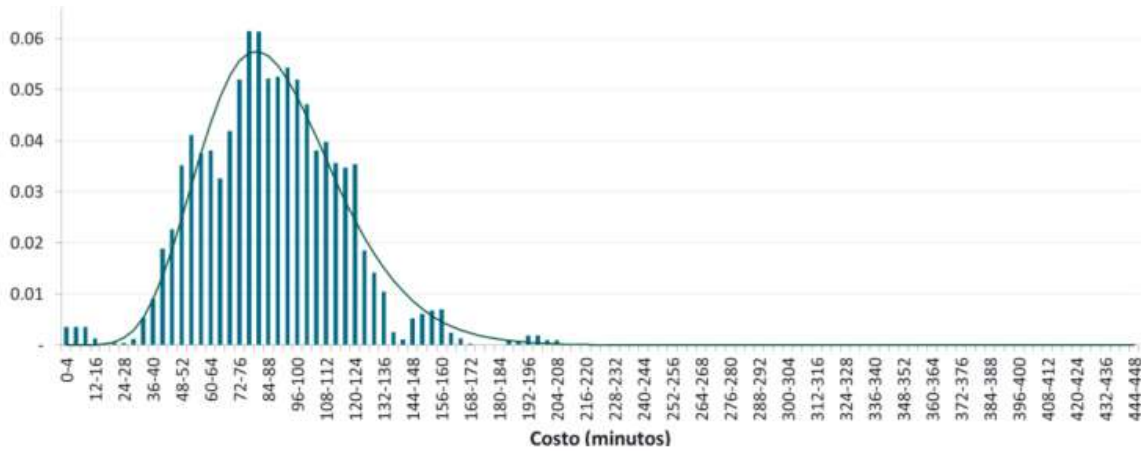
Figura 14: Frecuencia normalizada y curva de ajuste para viajes de trabajo para cada intervalo de costo



Fuente: SDM, 2022

Dado que para los municipios no se tiene una segmentación basada en la estratificación, se emplea un único ajuste que recoge a todos estos, como se puede evidenciar en la siguiente figura con parámetros $\alpha = 10$ y $\beta = 0,115$.

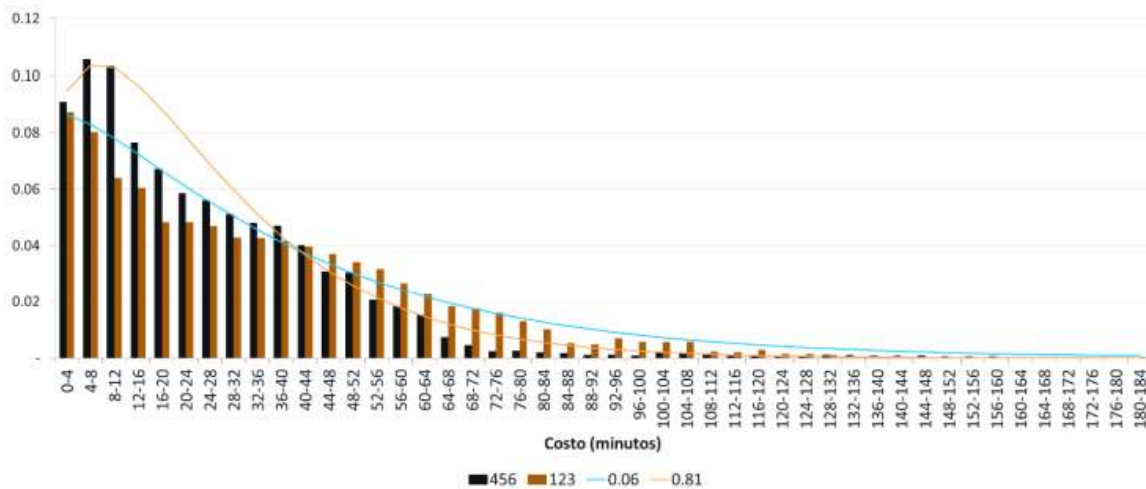
Figura 15. Frecuencia normalizada de viajes de trabajo desde municipios para cada intervalo de costo



Fuente: SDM, 2022

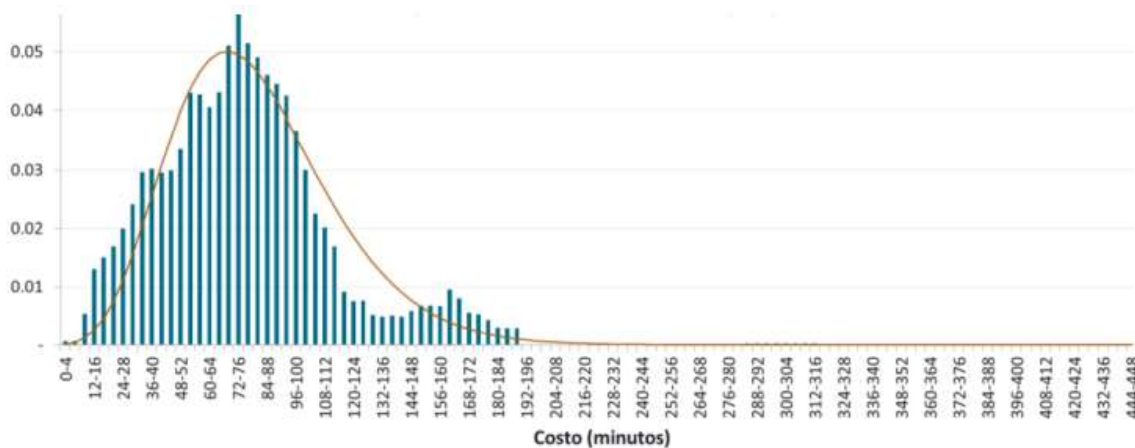
A continuación, se muestran también los ajustes correspondientes para los viajes con motivo distintos a trabajo (otros) en Bogotá y desde los municipios aledaños que corresponden a la función combinada con parámetros $\alpha = 0,2$ y $\beta = 0,03$ para el segmento de estratos 1,2 y 3 (Barras en color café de la figura), y $\alpha = 0,081$ y $\beta = 0,06$ para el segmento de estratos 4, 5 y 6 (Barras en color negro de la figura).

Figura 16. Frecuencia normalizada y curva de ajuste para viajes de trabajo para cada intervalo de costo



Fuente: SDM, 2022

Figura 17. Frecuencia normalizada de viajes con motivo “otros” desde municipios para cada intervalo de costo



Fuente: SDM, 2022

2.5.4. Modelo de selección modal

Los modelos de elección discreta son comúnmente empleados en la planificación de transporte para predecir la probabilidad de que un individuo elija una alternativa en función de sus características propias y las de todas las alternativas disponibles. Para realizar esta predicción es necesario construir una función de utilidad que mide la satisfacción asociada a cada combinación alternativa-individuo. Esta función de utilidad se compone de dos elementos:

- Una parte determinística integrada por atributos observables y medibles por el modelador, por ejemplo, tiempo de viaje, costos del pasaje, etc.
- Una parte aleatoria que incluye todos los aspectos que el modelador no puede conocer o medir.

Por medio de este modelo los usuarios simulados de la red de transporte deciden la forma y los modos en los que van a hacer sus viajes, a partir de la disponibilidad y los costos de cada uno. En este modelo se calculan matrices de demanda para transporte público y vehículos privados motorizados que parten de los resultados del modelo de distribución y de indicadores externos adicionales como el porcentaje de hogares sin vehículo, el número de automóviles con restricción de circulación y los costos de estacionamiento.

En esta fase se usan funciones de utilidad que permiten a los usuarios medir los beneficios que ofrece cada uno de los modos disponibles, que en el caso de este modelo

son auto, moto, taxi y transporte público. En general la función de utilidad está dada por la siguiente ecuación:

Ecuación 3: Función de utilidad de cada modo

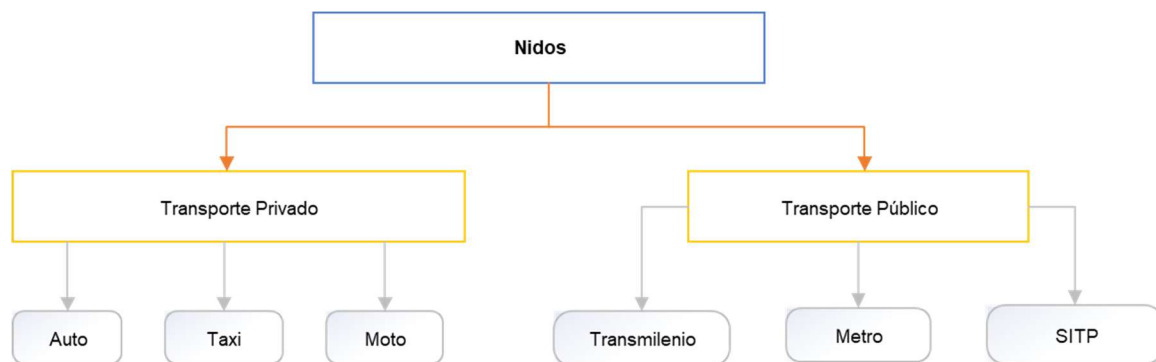
$$V_n = \beta_c + \beta_i * x_i + \beta_n * x_n$$

Donde:

- x_i : conjunto de características de la alternativa.
- x_n : conjunto de características del individuo.
- β_c : constante específica de cada alternativa.
- β_i y β_n : magnitud del efecto marginal de las características de la alternativa y del individuo.

El modelo entregado por la SDM cuenta con una reciente actualización del modelo de elección discreta que simula la selección modal en el proceso de toma de decisión de viajes para la demanda modelada en la hora pico de la mañana. Esta actualización se basó en encuestas de preferencias declaradas realizadas en la ciudad y consiste en un modelo de tipo jerárquico o anidado; la estructura de nidos seleccionada se muestra a continuación. Los nidos (transporte privado y público) poseen características similares relacionadas con tiempos de viajes y costos.

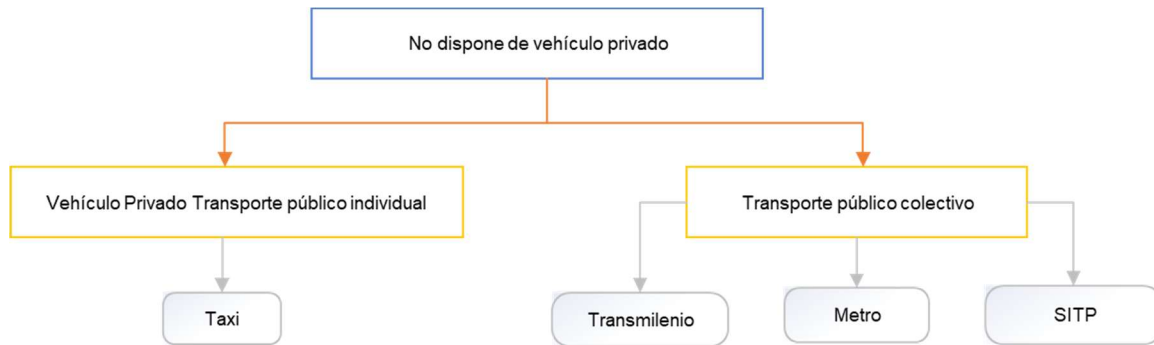
Figura 18. Estructura de nidos empleada en el modelo de elección discreta



Fuente: SDM, 2022

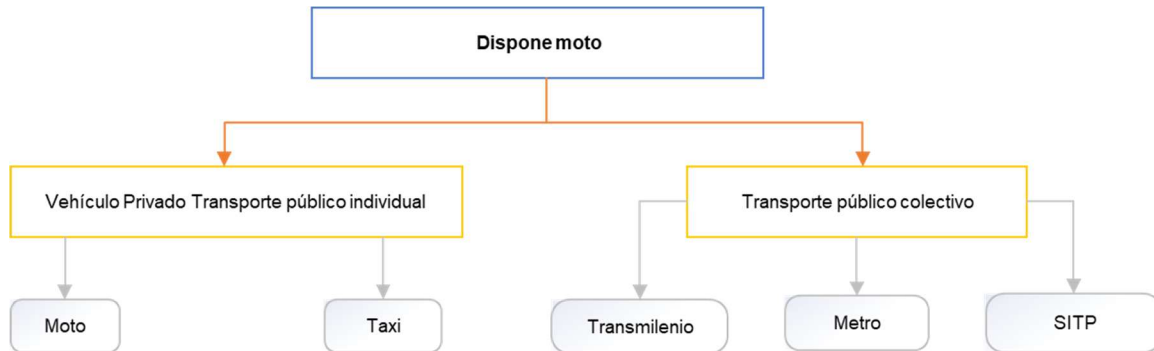
Las siguientes figuras presentan los árboles de opciones mostradas a las personas encuestadas para realizar sus viajes en modos motorizados en Bogotá.

Figura 19. Árbol de opciones para una persona que no dispone de vehículo privado



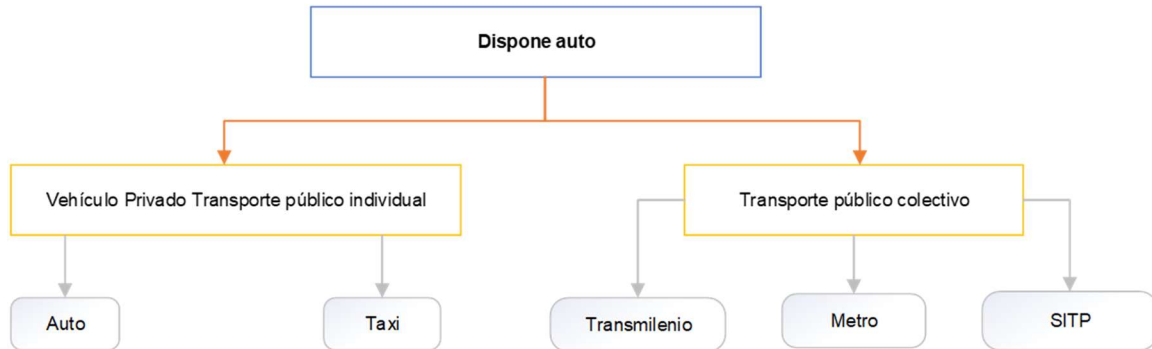
Fuente: SDM, 2022

Figura 20. Árbol de opciones para una persona que dispone de moto



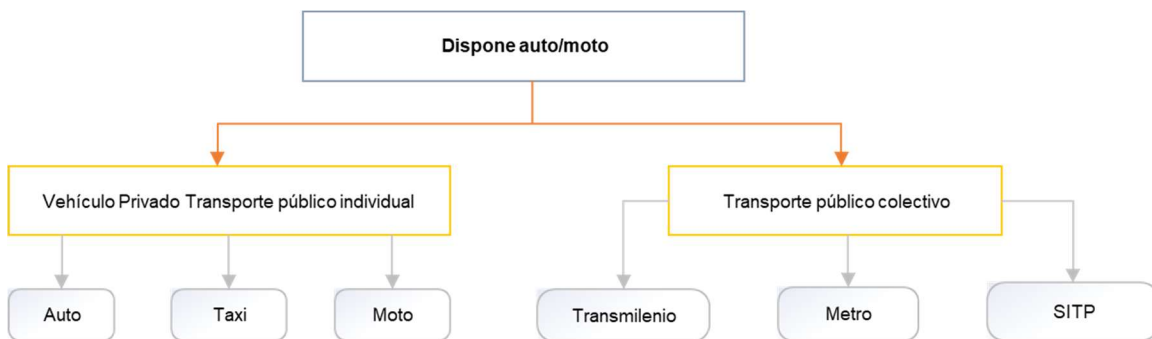
Fuente: SDM, 2022

Figura 21. Árbol de opciones para una persona que dispone de auto



Fuente: SDM, 2022

Figura 22. Árbol de opciones para una persona que dispone de auto y moto



Fuente: SDM, 2022

Así, si una persona tiene disponibilidad de usar los seis modos de transporte evaluados, se deben estimar funciones de utilidad para los seis modos, empleando los resultados del modelo recomendado. En el caso que la persona no tenga disponibilidad de vehículo privado, se deben estimar funciones de utilidad para los cuatro modos de transporte público. Además de lo anteriormente mencionado el modelo posee las siguientes características:

- Parámetro costo separado por modo y estrato socioeconómico.
- Parámetro tiempo a bordo separado por modo (vehículo privado, taxi y transporte público colectivo).
- Parámetro de tiempo de acceso por estrato socioeconómico.

- Parámetro de transbordo por modo de transporte público
- Constantes modales para auto, moto y metro.

A partir de esto se construyen las funciones de utilidad para medir el nivel de satisfacción de los usuarios frente a cada modo de transporte. Esta se expresa de la siguiente forma:

Ecuación 4: Utilidad de los usuarios frente a cada modo de transporte

$$U_{ni} = ASCk/(bus-taxi) + \beta_{tacce E} \cdot tacc + \beta_{tab k} \cdot tab + \beta_{costo Ek} \cdot Costo + B_{transb k} * Transb$$

Donde:

- U_{ni} : Utilidad para la persona n del modo i asociada a cada individuo.
- $ASCk/(bus-taxi)$: Constante modal del modo k con respecto al SITP-TransMilenio-Taxi.
- $\beta_{tacce E}$: Coeficiente del efecto marginal del tiempo de acceso por estrato socioeconómico.
- $tacc$: Tiempo de acceso (Tiempo de caminata + Tiempo de espera).
- $\beta_{tab k}$: Coeficiente del efecto marginal del tiempo a bordo por modo.
- tab : Tiempo a bordo del vehículo.
- $\beta_{costo Ek}$: Coeficiente del efecto marginal del costo por estrato socioeconómico y modo.
- $Costo$: Costo del viaje.
- $B_{transb k}$: Coeficiente de penalidad por transbordo por modo.
- $Transb$: Variable “dummy” que toma el valor de 0 si el viaje es de una etapa o de 1 si el viaje es de más de una etapa.

A partir de estas funciones de utilidad se construyen las funciones de probabilidad. Estas permiten estimar la probabilidad de que un individuo elija un modo de transporte sobre otro, así como la estimación de la demanda de los modos de transporte.

Ecuación 5: Probabilidad de emplear un modo

$$P_k = \frac{e^{\left(\frac{V_k}{\tau_m}\right)}}{\sum_{k \in m} e^{\left(\frac{V_k}{\tau_m}\right)}} \times \frac{e^{\tau_m \ln\left(\sum_{k \in m} e^{\left(\frac{V_k}{\tau_m}\right)}\right)}}{\sum_m e^{\tau_m \ln\left(\sum_{k \in m} e^{\left(\frac{V_k}{\tau_m}\right)}\right)}}$$

Donde:

- P_k : probabilidad de emplear el modo k .
- τ_m : parámetro de escala asociado al nido m en el cual se encuentra el modo k .
- V_k : utilidad del modo k asociada a cada individuo.

La estimación de las utilidades de cada modo y las probabilidades de elección depende de cada persona y de las características específicas del viaje que van a llevar a cabo.

Finalmente, la segmentación de este modelo está dada de la siguiente forma:

Segmento 1: Estrato 1 y 2

Segmento 2: Estrato 3

Segmento 3: Estrato 4

Segmento 4: Estrato 5 y 6

2.5.5. Modelo Incremental (Pivote)

El objetivo del modelo incremental o pivote es garantizar que las matrices de transporte de los años futuros representen las dinámicas de la población de Bogotá y los 18 municipios vecinos. El modelo incremental o pivote es el último paso de ajuste de las matrices de demanda antes del proceso de asignación, mediante el cual se aplica la diferencia incremental de las matrices modeladas por modo a la matriz observada del año base.

Los modelos incrementales estiman los cambios con respecto a una situación base sobre la que pivotan. Los modelos incrementales pueden ser de tres tipos, analíticos, multiplicativos y aditivos.

Los modelos analíticos presentan los mejores ajustes debido a que resuelven el problema original con una sólida base teórica.

De esta manera, estos modelos tienen la ventaja de requerir únicamente los parámetros y los valores de las variables que cambian entre la situación base y la futura. Sin embargo, si las proporciones iniciales contienen errores importantes, las proporciones futuras también las tendrán. Este tipo de modelo incremental tiene también la limitación de que si una proporción (o número de viajes) es cero en la matriz base, permanecerá como cero en las matrices futuras. Esto es indeseable en lugares donde se espera desarrollo urbano, por ejemplo, una zona actualmente vacía pero urbanizable.

Los modelos incrementales multiplicativos calculan las tasas de variación por celda entre la situación base y futura en función de dos modelos analíticos directos (no incrementales). Esa tasa de cambio se aplica entonces a las matrices base con un resultado equivalente a los modelos incrementales analíticos. Un ejemplo de este tipo de modelos es el modelo gravitacional:

Ecuación 6: Tasa de variación

$$T_{ij}^1 = \frac{T_{ij}^0}{GM_{ij}^0} GM_{ij}^1$$

Para estos modelos es necesario contar con todas las variables y parámetros del modelo sintético, no solamente las variables que cambian, lo cual la hace más difícil de implementar para las matrices de viajes. Las limitaciones de este modelo son equivalentes al modelo incremental analítico: si las proporciones iniciales están equivocadas, las futuras también lo estarán.

Los modelos incrementales aditivos tratan de obviar el problema de las celdas con ceros, en particular si se sospecha que son ceros muestrales. El modelo aditivo calcula los valores futuros de las celdas sumando la diferencia entre dos modelos directos; por ejemplo, en un modelo gravitacional del siguiente tipo:

Ecuación 7: Tasa de variación

$$T_{ij}^1 = T_{ij}^0 + (GM_{ij}^1 - GM_{ij}^0)$$

En este caso también es necesario tener todas las variables y parámetros, así como la dependencia de las matrices bases permanece. Sin embargo, se elimina el problema de las celdas vacías o con ceros. La limitación principal se da con respecto a las diferencias negativas entre el año base y las matrices futuras, por consiguiente, se hace necesaria una corrección adicional.

Modelo incremental implementado

El modelo de cuatro etapas de Bogotá cuenta con un modelo incremental aditivo, la razón principal para tener este tipo de modelo es permitir elasticidad en años futuros para pares OD para los cuales la matriz base no tiene viajes. Sin embargo, a este modelo se le incluye también una parte multiplicativa que garantiza que el total de los viajes generados por las etapas iniciales se mantengan.

El modelo del pivote implementado se compone de tres pasos:

- Paso 1. Incremento de viajes con corrección para viajes negativos.
- Paso 2: Ajuste de viajes de acuerdo con el incremento inicial.
- Paso 3: Ajuste de viajes totales por diferencias entre año base modelado y año base observado.

A continuación, se presentan tres ecuaciones que representan los tres pasos del pivote, a partir de las siguientes definiciones:

- $TijkObs$ es el número de viajes observados T para el origen i , destino j , en el modo k
- $Mijk 2017$ es el número de viajes estimados por el modelo de 4 etapas en el año base para el origen i , destino j , en el modo k
- $Mijk Fut$ es el número de viajes estimados por el modelo de 4 etapas en un corte temporal futuro para el origen i , destino j , en el modo k
- $\Deltaijk Fut$ es el incremento de viajes para el origen i , destino j , en el modo k en el año futuro, con respecto al año base, con la corrección por diferencias negativas
- $Tijk Fut$ es el número de viajes estimados con un corte temporal futuro para el origen i , destino j , en el modo k , después del pivote

Ecuación 8: Incremento de viajes

$$\Delta_{ijk}^{Fut} = \begin{cases} 0 & \text{si } (M_{ijk}^{Fut} - M_{ijk}^{2017}) < 0 \\ (M_{ijk}^{Fut} - M_{ijk}^{2017}) & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

Posterior al cálculo del incremento aditivo por modo y por par OD, se realiza un ajuste para que el incremento total de los viajes en el año futuro se vea reflejado en la matriz final, esto se hace a través del siguiente cálculo:

Ecuación 9: Ajuste incremento total de viajes

$$T_{ijk}^{Fut} = T_{ijk}^{Obs} + \Delta_{ijk}^{Fut} \frac{\sum_{ij} (M_{ijk}^{Fut} - M_{ijk}^{2017})}{\sum_{ij} \Delta_{ijk}^{Fut}}$$

Este cálculo únicamente aplica si se presenta un incremento de los viajes, entre la matriz base modelada y la matriz futura modelada.

Ecuación 10: Verificación

$$\sum_{ij} (M_{ijk}^{Fut} - M_{ijk}^{2017}) > 0.$$

Finalmente, se realiza un ajuste en el total de viajes para compensar las diferencias entre el año base modelado y el año base observado en los viajes para todos los modos. El ajuste se calcula una única vez y se aplica para todos los años futuros, este valor se calcula como:

Ecuación 11: Ajuste en el total de viajes

$$G^0 = \frac{\sum_n T_{ijn}^{Obs}}{\sum_n M_{ijk}^{2017}}$$

$$T_{ijk}^{Fut} = G_0 T_{ijk}^{Fut}$$

2.5.6. Modelo de Motorización

Con el objetivo de identificar cómo cambia el uso del vehículo privado en el tiempo a través de la relación de diferentes factores y así estimar la disponibilidad para cada corte temporal, se construye un modelo de motorización, para lo cual se evalúa el comportamiento histórico de la motorización para autos y motos y se extrapola con ayuda de análisis estadísticos.

El modelo de motorización se ha calibrado con fundamento en la información de la Encuesta Origen Destino de Hogares 2019. Los resultados de este modelo son fundamentales para la estimación de la demanda de los corredores de movilidad que se estudien en la región metropolitana.

En general, se considera que el desarrollo económico (o nivel de ingreso medio), expresado normalmente como el PIB per cápita, es el principal determinante de los cambios de las tasas de motorización.

De esta manera, se ha realizado un análisis de series de tiempo y desarrollado un modelo que relaciona el PIB per cápita con las tasas de motorización para cada modo. El modelo sigue una curva en forma S, de forma que las elasticidades de la tasa de motorización con respecto al PIB son bajas para ingresos bajos, altas para ingresos medios y nuevamente bajas para ingresos altos. Este tipo de curva ha sido validada en diferentes lugares del mundo y es normalmente usada para este tipo de estudios.

Para las motos se asumió que el nivel de saturación depende del nivel de motorización de los vehículos particulares y a partir de esto se desarrolló un modelo conjunto para ambos modos. Cuanto mayor es el nivel de motorización del vehículo particular, menor es el nivel de saturación de las motos.

La formulación para cada uno de los modelos es:

Ecuación 12: Formulación Motorización

$$MOvp = \frac{Svp}{1 + e^{(\alpha 1 \cdot PIBc + \beta 2)}}$$

$$MOmt = \frac{(Smt - W \cdot MOvp)}{1 + e^{(\alpha 1 \cdot PIBc + \beta 2)}}$$

Donde

MOvp : Nivel de motorización vehículo particular.

MOmt : Nivel motorización moto.

Svp : Nivel de saturación vehículo particular (asumido como 650 Veh/1000hab).

Smt: Nivel de saturación motos (asumido como 300 motos/1000 hab).

W : Coeficiente de Saturación (asumido como 0.4).

IBC : PIB per cápita.

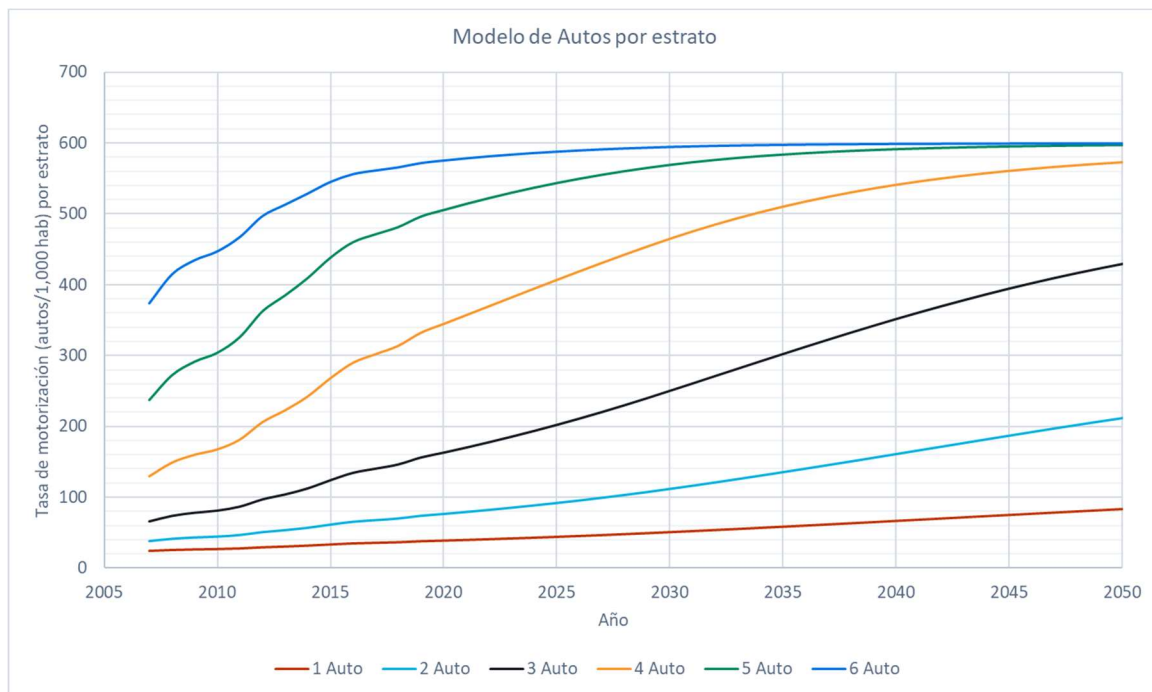
α y β : Parámetros de calibración

El modelo de selección empleado tiene como objetivo reflejar esta elección de modo, pero para ello primero se debe dividir la porción de los viajes que disponen o no de

vehículo privado, por tipo de vehículo y por segmento de demanda, así como identificar cómo cambia el uso del vehículo privado en el tiempo a través de la relación de diferentes factores y así estimar la disponibilidad para cada corte temporal.

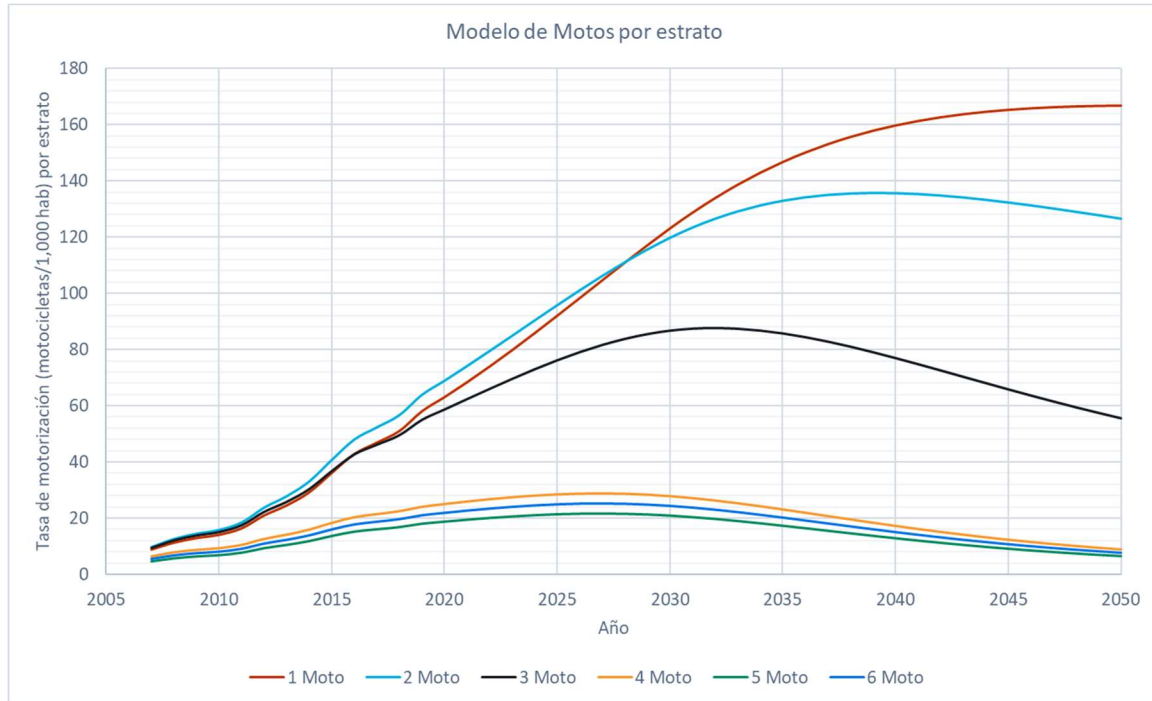
Las tasas de motorización para cada estrato por cada 1.000 habitantes para auto y moto se muestran en las figuras a continuación.

Figura 23: Número de automóviles por 1.000 habitantes para cada estrato socioeconómico



Fuente: SDM, 2022

Figura 24: Número de motocicletas por 1.000 habitantes para cada estrato socioeconómico



Fuente: SDM, 2022

2.5.7. Modelo de Asignación

Existen tres tipos de asignación para el modelo de asignación del modelo de Bogotá. La primera es la asignación todo o nada para aquellos modos tipo transporte privado que tienen pocas opciones de tránsito por la red o funcionan como tráfico de fondo (precarga); la segunda es la asignación por equilibrio del usuario multiclase para los modos tipo transporte privado, que toman la decisión de ruta de viaje dependiendo de las condiciones de congestión en la red, siempre eligiendo aquella que menos tiempo les represente para completar el viaje; por último está la asignación de transporte público para todos los modos que movilizan sus usuarios en servicios de este tipo.

Tanto en la asignación de precarga como la asignación para los modos de transporte privado se realiza asignando siempre los vehículos en vehículos equivalentes de la siguiente manera:

- Auto : 1 veh equivalente
- Moto: 0,3 veh equivalente
- Taxi: 1 veh equivalente
- Camiones grandes: 3 veh equivalente
- Camiones pequeños: 2 veh equivalente

Los vehículos equivalentes para los buses de transporte público están definidos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8: vehículos equivalentes transporte público

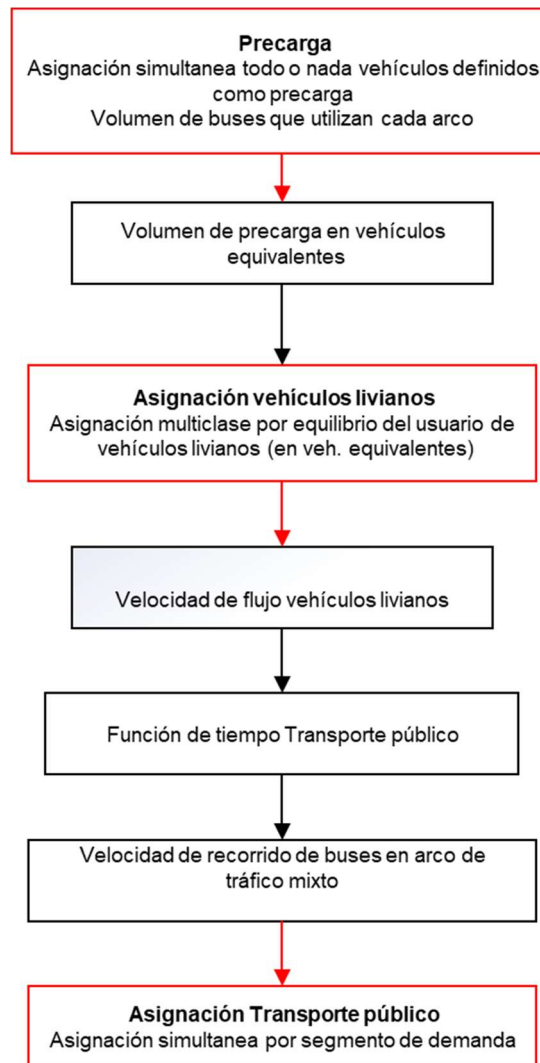
Modo	Vehículo	vehículos equivalentes
Regiotram	Tren	3
Transmilenio	Padron	2
Zonal	Microbus	1.5
Provisional	Microbus	1.5
Intermunicipal	mic_Interm	2
Metro	Metro	3
Zonal	Estandar	2.5
Alimentador	Estandar	2.5
Zonal	Buseton	2.2
Provisional	Buseton	2.3
Zonal	Buseta	2
Provisional	Buseta	2
Alimentador	buseta	2
Intermunicipal	bus normal	2
Intermunicipal	Bus Intermunic	2.3
Provisional	Bus	2
Transmilenio	Biarticulado	3
Transmilenio	Articulado	3

Fuente: Elaboración propia a partir del MTCEB

En la siguiente figura se presenta el flujograma del proceso general de asignación. Los recuadros en rojo representan los tres tipos de asignación descritos anteriormente; los recuadros en azul describen la información que genera cada uno de estos y que es usada como insumo para el siguiente paso del proceso; el recuadro morado representa el proceso intermedio entre la asignación de transporte privado y transporte público en el

cual se calculan las velocidades de recorrido de los vehículos de transporte público en función de las velocidades de flujo obtenidas de la asignación de transporte privado.

Figura 25 Diagrama general de asignación



Fuente: SDM, 2022

Se aclara que, en el proceso de asignación de Taxis, para el cálculo del costo generalizado se tiene en cuenta la tarifa del servicio, siendo la máxima entre la tarifa mínima y el banderazo más el costo por kilómetro, la programación de este proceso se incluye en el script asiTPr_4E línea 1893. Para el proceso de calibración de 2019 se tienen los siguientes supuestos:

- Tarifa Mínima 4400 pesos.
- Banderazo: 2500 pesos
- Tarifa por kilómetro 881 pesos.

El MTCEB incluye además todos los peajes del área de influencia del proyecto, por tanto, el costo generalizado por modo para T. Privado incluye los costos de los peajes por modo levantados por la consultoría de la Encuesta de Movilidad 2019. Los atributos que guardan el costo por modo son:

- @peaje para Auto y Taxi.
- @peajecp para camión pequeño.
- @peajecg para camión grande.

Finalmente, la segmentación de este modelo está dada de la siguiente forma:

Segmento 1: Estrato 1 y 2

Segmento 2: Estrato 3

Segmento 3: Estrato 4

Segmento 4: Estrato 5 y 6

2.5.7.1. Funciones flujo-demora

La relación que existe entre el volumen equivalente que pasa por la sección de cada arco de la red vial y el tiempo de tránsito a lo largo del arco está representada por las funciones flujo-demora.

Estas funciones tienen en cuenta tres principales parámetros propios de cada arco:

- Velocidad a flujo libre
- Relación intensidad-velocidad específica
- Capacidad real del arco

Las funciones flujo demora utilizadas para el modelo de asignación del área de estudio, son funciones cónicas para redes urbanas con la siguiente forma general:

Ecuación 13: Tiempo de viaje

$$t = t_0 + 0,25 l \left((x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + 8 J_a \frac{x}{C \frac{l}{t_0}}} \right)$$

Donde:

t : tiempo de viaje en el arco.

t_0 : tiempo de viaje a flujo libre en el arco.

l : longitud del arco.

x : relación volumen capacidad, donde el volumen está dado en vehículos equivalentes.

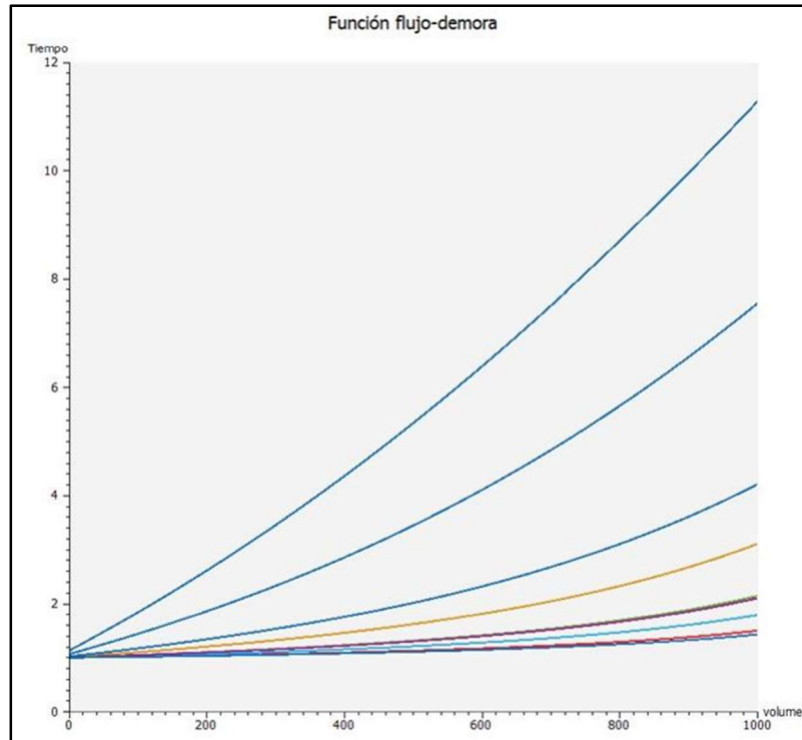
J_a : factor de demora del arco, el cual depende del tipo de corredor.

C : capacidad total del arco, esto es la capacidad resultante multiplicada por el número de carriles.

Las funciones flujo-demora permiten que el comportamiento de la demora en cada arco sea función no sólo del volumen que lo utiliza sino de sus características de capacidad y velocidad a flujo libre. Esto permite tener una gran variedad de funciones específicas para cada arco dependiendo de los atributos que contenga.

Para ilustrar lo descrito anteriormente en la siguiente figura se presentan las variaciones de los tiempos de recorrido de los arcos dependiendo de la función flujo-demora. Se muestra el caso hipotético de un arco de 1km de longitud, con 60km/hr como velocidad a flujo libre y capacidad real de 1500 veh/hr.

Figura 26 Variaciones de los tiempos de recorrido de los arcos dependiendo de la función flujo-demora



Fuente: Unión Temporal Steer – CNC – Encuesta de Movilidad, 2019

Las funciones flujo-demora que se usan en el modelo son 45, donde la primera se asigna a los conectores de las ZAT a la red base y desde la función 2 a 45 se asignan a la red de T. Privado. Donde el1, el2 y el3 corresponden a la velocidad a flujo libre, capacidad y vehículos equivalentes respectivamente. Se aclara que a medida que aumenta el número de la VDF aumenta el valor de la constante que multiplica y castiga el tiempo de viaje.

Tabla 9. Funciones flujo demora Escenario base 2019

fd1	$60 * \text{length} / 15$
fd2	$60 * \text{length} * (((1 / \text{el1}) + 0,25 * (((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}) - 1) + \sqrt{((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}) - 1})^2) + (8 * 3.8 / \text{el2}) * ((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}))))))$
fd3	$60 * \text{length} * (((1 / \text{el1}) + 0,25 * (((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}) - 1) + \sqrt{((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}) - 1})^2) + (8 * 4.8 / \text{el2}) * ((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}))))))$
fd4	$60 * \text{length} * (((1 / \text{el1}) + 0,25 * (((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}) - 1) + \sqrt{((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}) - 1})^2) + (8 * 5.3 / \text{el2}) * ((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}))))))$
fd5	$60 * \text{length} * (((1 / \text{el1}) + 0,25 * (((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}) - 1) + \sqrt{((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}) - 1})^2) + (8 * 6.2 / \text{el2}) * ((\text{volau} + \text{el3} + \text{volad}) / \text{el2}))))))$

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

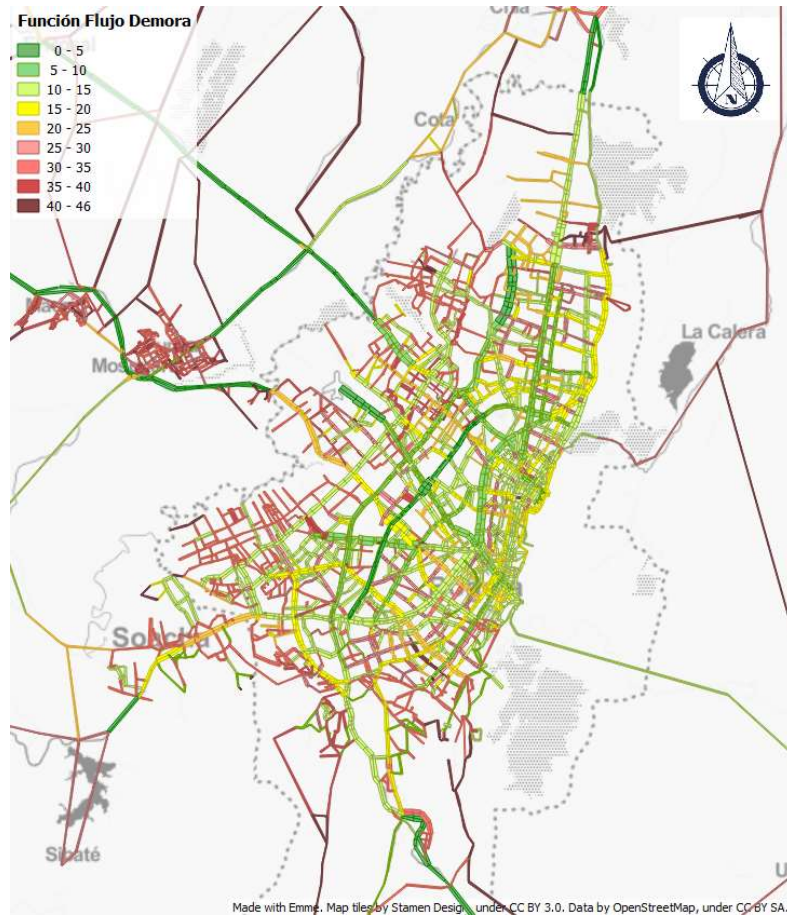
34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

	$1)^2+(8*31.6/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd34	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*37.7/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd35	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*43.6/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd36	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*44/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd37	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*50.5/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd38	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*65/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd39	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*98.9/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd40	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*114.6/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd41	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*130/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd42	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*197.2/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd43	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*250/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd44	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*250.5/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$
fd45	$60*length*(((1/e1))+0,25*(((volau+el3+volad)/(e2))-1)+sqrt((((volau+el3+volad)/(e2))-1)^2+(8*600/(e2))*((volau+el3+volad)/(e2))))))$

Fuente: SDM, 2022

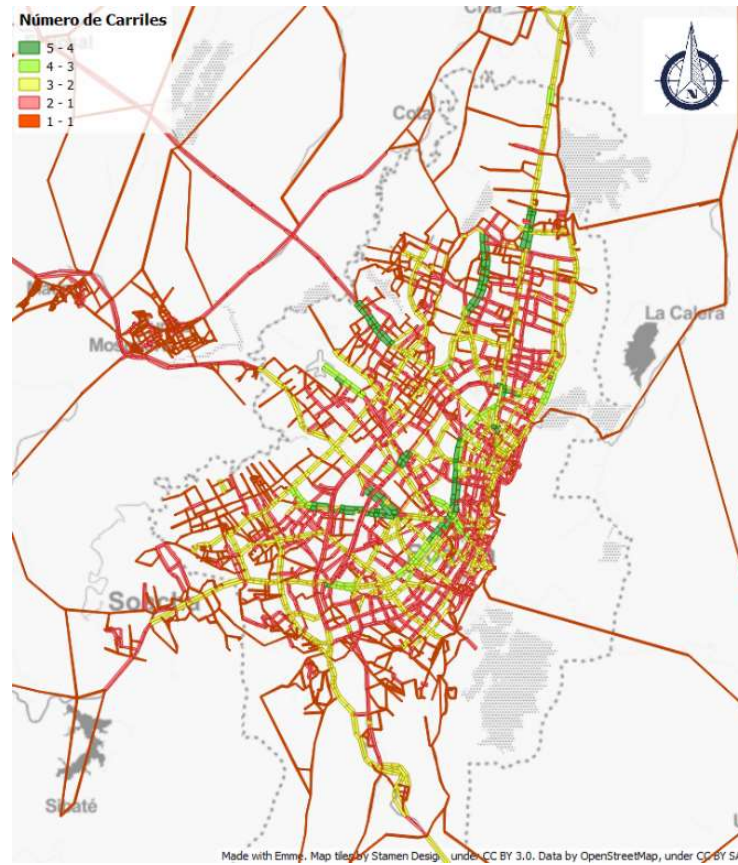
La asignación espacial de las VDF mantiene la lógica y jerarquía de las vías de la ciudad y la región, siendo las VDF de 2 a 15 usadas en vías principales de la Ciudad, de 15 a 30 para vías secundarias y de la 30 en adelante para vías locales.

Figura 27: Distribución espacial de las funciones flujo-demora



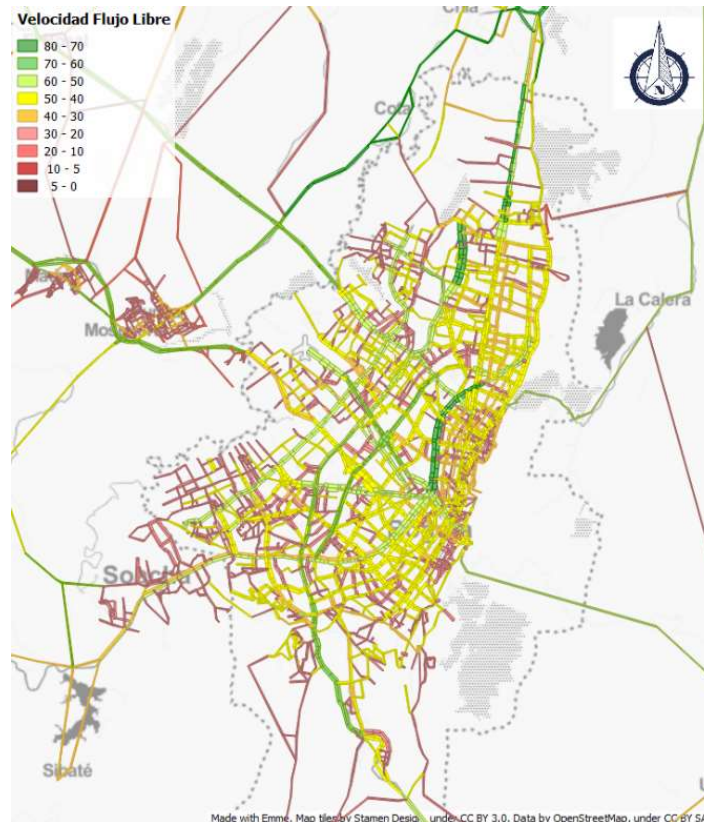
Fuente: SDM, 2022

Figura 28: Distribución espacial del número de carriles



Fuente: SDM, 2022

Figura 29: Distribución espacial de las velocidades a flujo libre



Fuente: SDM, 2022

2.5.7.2. Asignación de precarga

La asignación se realiza en dos etapas, en la primera etapa se asignan el tráfico de fondo o precarga, que en este caso corresponde a taxis vacíos, camiones y los buses de las rutas de transporte público. Los volúmenes obtenidos de esta asignación son la entrada de la asignación de los otros modos. La razón para asignar estas dos matrices primero es porque ambos recorridos no obedecen a una estrategia de ruta, sino que transitan por una misma ruta, dependiendo de las restricciones o los patrones de recorridos diarios.

2.5.7.3. Calibración vehículo privado

La calibración del modelo de asignación corresponde a las medidas de ajuste necesarias en el modelo de transporte para representar la dinámica de movilidad de Bogotá y los 18 municipios vecinos. El ajuste se mide a partir de dos variables principalmente: el tiempo y los volúmenes. Adicionalmente, estas dos variables están correlacionadas debido a que la asignación corresponde a la minimización del costo generalizado (que depende del tiempo). Por este motivo, la calibración de tiempo y volúmenes se realiza de manera iterativa; inicialmente se calibran los parámetros de los arcos de acuerdo con la velocidad (tiempos de viaje) y aforos registrados, posteriormente se calibran los volúmenes y finalmente se chequean los tiempos de recorrido por corredor.

Una vez se tienen ajustadas las velocidades de acuerdo con las características de los corredores y se tiene mayor seguridad de la capacidad, número de carriles e interferencias en la vía; el siguiente paso es calibrar los volúmenes.

Al obtener los resultados preliminares del modelo de asignación se realizaron ajustes sistemáticos en las características y configuración de la red, con el propósito de reproducir los volúmenes y las velocidades observadas. Estos ajustes se refieren a modificación de factores que afectan la capacidad de la vía, ajuste de velocidades a flujo libre en donde las condiciones de infraestructura sugieren que puede ser diferente (por ejemplo, por mayor fricción peatonal), penalización en giros por demoras que no se ven directamente representadas en la red del modelo, entre otros.

El ajuste de los volúmenes asignados a los observados es evaluado mediante el estadístico GEH y regresión lineal. El estadístico GEH permite encontrar la desviación de los volúmenes asignados con respecto a los observados, dándole un mayor peso a las desviaciones más grandes en los puntos donde el volumen es mayor, es decir que tiene en cuenta la escala del volumen en el punto que se está comparando.

Ecuación 14: GEH

$$GEH = \sqrt{\frac{2 * (M - O)^2}{M + O}}$$

Donde:

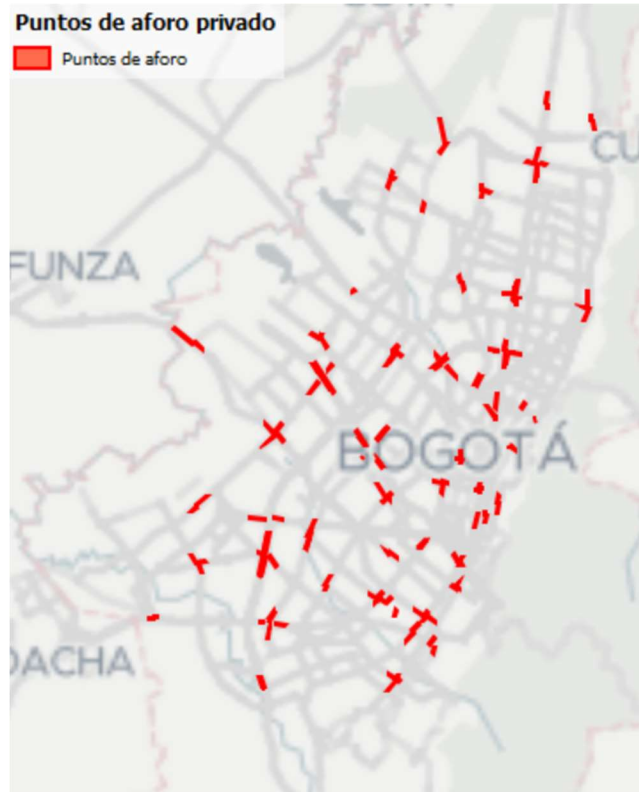
- *M*: volúmenes asignados o modelados.
- *O*: volúmenes observados en campo.

El proceso de calibración consiste en el ajuste de parámetros tales como la capacidad de las vías, funciones flujo demora, peso de las penalidades con el fin de que el flujo se distribuya de manera que se consigan los volúmenes medidos en los puntos de aforo. Por cada punto de aforo se calcula el GEH.

Para analizar toda la red, se examina el porcentaje de puntos aforados que se encuentran por debajo de 10 en GEH, el cual es el error aceptado en la literatura (Ortúzar & Willumsen, 2011). La meta es tener al menos el 75% de los puntos para cada modo con un valor de GEH menor a 10. Es necesario tener en cuenta que estos umbrales de aceptación no son universales ya que dependen de las condiciones locales y la cantidad y calidad de los datos disponibles.

En la siguiente figura, se muestran la distribución espacial de los tramos sobre los cuales se cuenta con información de aforos vehiculares para modos privados y con los cuales se realizó la calibración:

Figura 30. Puntos aforo de modos privados 2019



Fuente: Elaboración propia, con base en información de la SDM

A continuación, se muestran los resultados de los resultados de GEH para cada uno de los modos del modelo.

Tabla 10. Resumen del Estadístico GEH de la Encuesta de Movilidad 2019

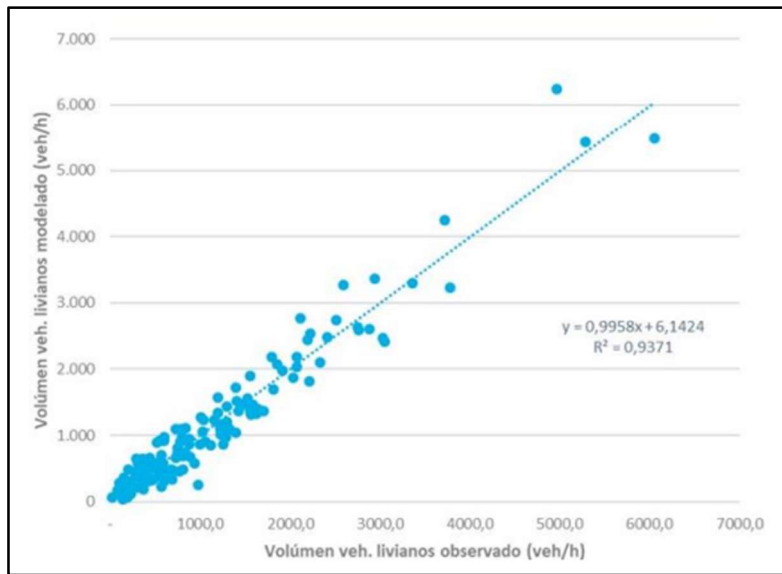
Resumen GEH EM 2019			
GEH	Auto	Taxi	Moto
GEH < 5	42%	57%	44%
GEH < 10	81%	84%	74%
GEH < 15	94%	96%	88%
GEH > 20	2%	1%	3%

Fuente: SDM, 2022

A continuación, se muestran los resultados de la regresión lineal para cada uno de los modos del modelo.

2.5.7.3.1 Vehículo particular

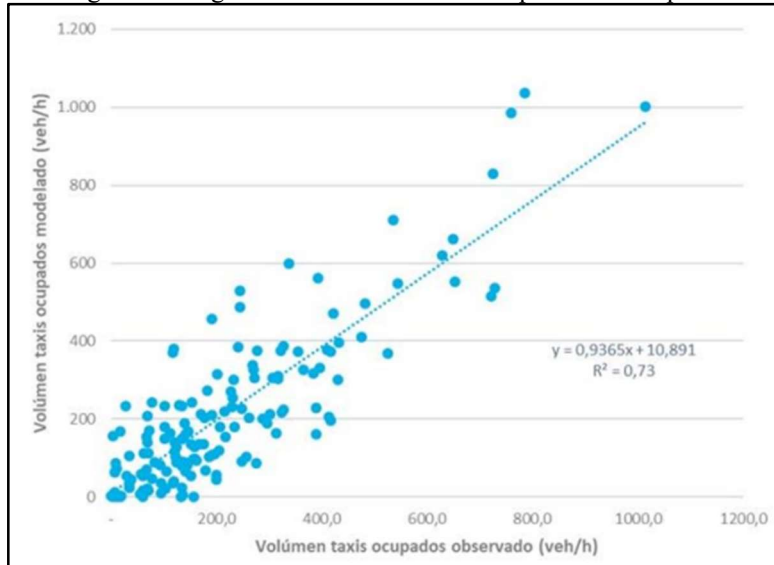
Figura 31. Regresión lineal de calibración para vehículos livianos



Fuente: Unión Temporal Steer – CNC – Encuesta de Movilidad, 2019

2.5.7.3.2. Taxis ocupados

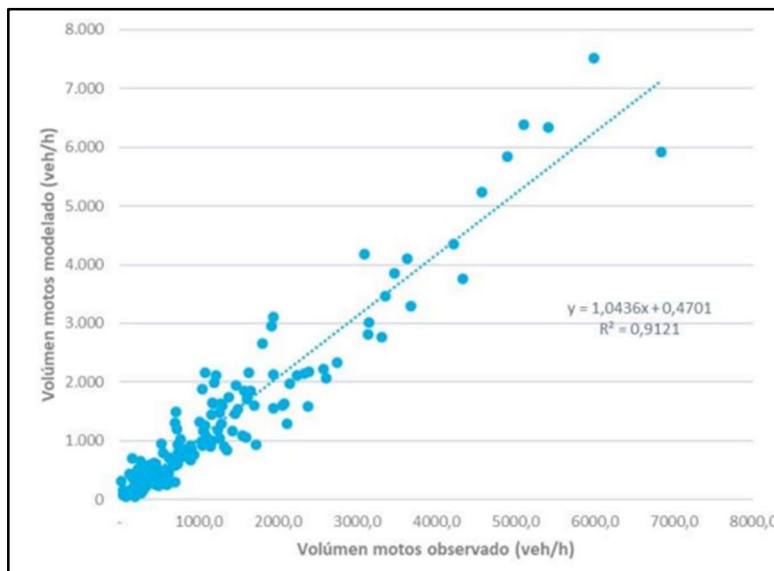
Figura 32. Regresión lineal de calibración para taxis ocupados



Fuente: Unión Temporal Steer – CNC – Encuesta de Movilidad, 2019

2.5.7.3.3 Motos

Figura 33. Regresión lineal de calibración para motos



Fuente: Unión Temporal Steer – CNC – Encuesta de Movilidad, 2019

2.5.7.3.4 Calibración modos privados AID

En el área de influencia del proyecto, se cuenta con 15 puntos de control para vehículos de modos privados (auto, moto y taxi), como se ve en la siguiente figura:

Figura 34. Puntos aforo de modos privados 2019 en el AID



Fuente: Elaboración propia, con base en información de la SDM

En la siguiente tabla se muestran los resultados de GEH para los modos privados:

Tabla 11. GEH modos privados AID

Resumen GEH EM 2019			
GEH	Auto	Taxi	Moto
GEH < 5	40%	27%	40%

GEH < 10	80%	74%	74%
GEH<15	100%	100%	93%
GEH>20	0%	0%	7%

Fuente: Elaboración propia, con base en información de la SDM

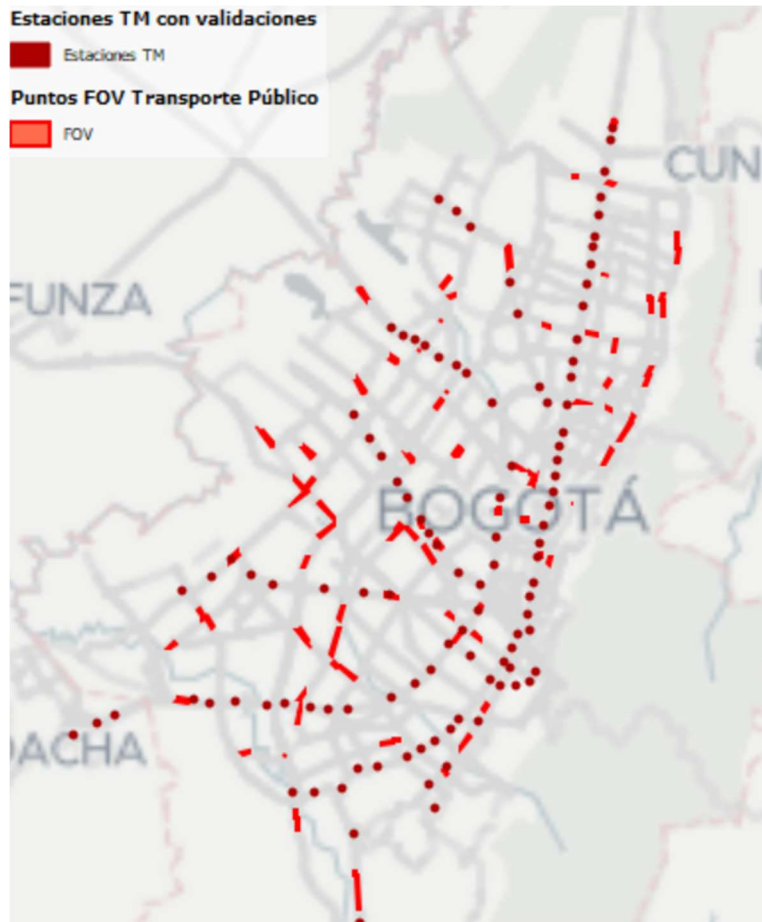
Como se puede observar en la tabla anterior, el nivel de calibración en el AID cuenta con valores de GEH suficientes para considerar que el modelo representa de manera adecuada dicha área.

2.5.7.4. Calibración de transporte público

El modelo de asignación de transporte público toma las velocidades con congestión del vehículo privado y asigna las matrices de pasajeros sin considerar restricciones de capacidad. El modelo incluye todos los modos de transporte público de la ciudad: SITP zona, SITP provisional, TransMilenio, buses intermunicipales.

La calibración de TransMilenio se hizo con las validaciones de las entradas a las estaciones sin dejar a un lado los volúmenes reportados por la SDM. A continuación, se muestra la ubicación espacial de los puntos de toma de información y los resultados de de GEH para Transporte público.

Figura 35. Información volúmenes Transporte publico 2019



Fuente: Elaboración propia, con base en información de la SDM

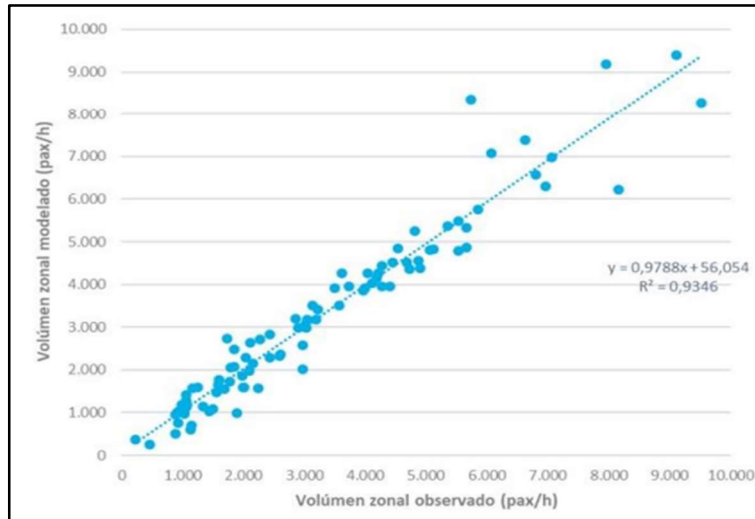
Tabla 12. Resumen del Estadístico GEH de la Encuesta de Movilidad 2019

Resumen GEH EM 2019		
GEH	Tpu-Zonal	Tpu-TM Val
GEH < 5	60%	50%
GEH < 10	84%	76%
GEH<15	93%	89%
GEH>20	4%	6%

Fuente: SDM, 2022

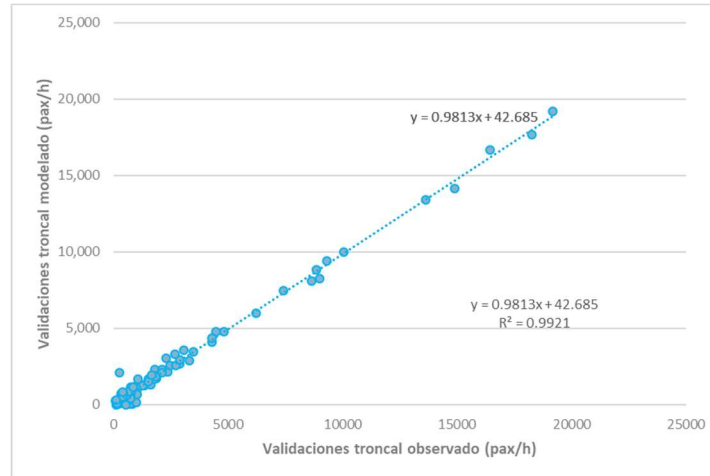
2.5.7.4.1 Regresión lineal transporte público

Figura 36. Regresión lineal de calibración para volúmenes de pasajeros en buses zonales



Fuente: Unión Temporal Steer – CNC – Encuesta de Movilidad, 2019

Figura 37 : Regresión lineal de calibración para volúmenes de acceso a Transmilenio

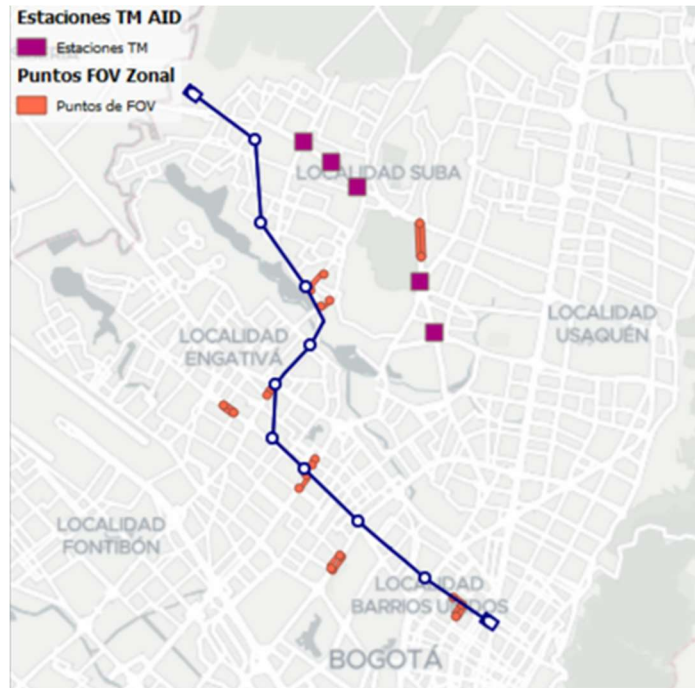


Fuente: Unión Temporal Steer – CNC – Encuesta de Movilidad, 2019

2.5.7.4.1.1 Calibración Transporte público AID L2MB

En el área de influencia del proyecto, se cuenta con 14 puntos de control para volúmenes en zonal, y el acceso de personas en 5 estaciones de TM (Información 2019) como se ve en la siguiente figura:

Figura 38. Información volúmenes Transporte publico 2019 en el AID



Fuente: Elaboración propia, con base en información de la SDM

Para estos tramos y estaciones medidas tenemos la siguiente información de GEH:

Tabla 13: GEH Transporte público AID

GEH	Tpu-Zonal	Tpu-TM Val
GEH < 5	42%	80%
GEH < 10	86%	100%
GEH < 15	93%	100%
GEH > 20	0%	0%

Fuente : Elaboración propia, con base en información de la SDM

Teniendo en cuenta que el porcentaje de tramos de volúmenes de zonal en el AID con GEH <10 es del 86% y las validaciones en el AID de TM con GEH<10 es del 100%, se puede inferir que el modelo representa de manera apropiada el AID de la L2MB.

2.5.7.4.2 Penalidades de Transporte Público

La fórmula del costo generalizado para calcular la ruta que es elegida para cada viaje evalúa penalidades de tiempo de transbordo por modo, por transbordo entre niveles, tiempo de acceso/espera, valor del tiempo.

Tabla 14. Penalidades en Transporte Público Escenario Calibrado.

Penalidad de transbordo por modo (minutos)	
Trasbordo TM	3.88
Trasbordo Metro	$TrT * 1,774461028$
Trasbordo Zonal - TPC	$TrT * 1,907131012$

Penalidad adicional por transbordo entre niveles (minutos)	
Transferencia Zonal a TM	5
Transferencia TM a Zonal	7.5
Transferencia Zonal a Zonal	5

Peso de tiempo de acceso/espera	
Segmento 1	1,21
Segmento 2	1,21
Segmento 3	1,25
Segmento 4	1,33

Valor del tiempo T. Público (\$/min)	
VoT Segmento 1	53,67
VoT Segmento 2	74,81
VoT Segmento 3	94,33
VoT Segmento 4	102,5

Fuente: Modelos de Transporte, Encuesta de movilidad 2019

3.VISIÓN DE CIUDAD (VECTORES DE POBLACIÓN Y USOS DEL SUELO)

El Modelo de Ordenamiento Territorial pensado para la ciudad a futuro corresponde a la estructura territorial que fija la estrategia de localización y distribución de actividades, grandes infraestructuras requeridas y características de los sistemas que garantizan la interacción de las actividades, los cuales se ven reflejados en los vectores de población y usos del suelo, insumo del MTCEB. Estos vectores fueron proyectados con base en el crecimiento demográfico estimado por el DANE para Bogotá, partiendo de la estructura de usos de la ciudad que se ha venido consolidando en los últimos años y la visión de ciudad que se pretende impulsar desde los objetivos del Plan de Desarrollo vigente.

Este busca consolidar la proyección de Bogotá en la región, lo que articula un modelo de desarrollo de manera complementaria (enfoque de competitividad). Desde la escala local se busca concretar la apuesta del equilibrio garantizando la igualdad y la justicia territorial para reconocer las diferencias territoriales (enfoque de proximidad) de las unidades de planeación local y los territorios rurales. Las proyecciones de población para diferentes rangos etarios y las proyecciones de usos del suelo asociados al territorio son las variables que, en el modelo de 4 etapas, influyen los viajes generados y atraídos en cada una de las zonas.

Con el propósito de alimentar el proceso de modelización del sistema de transporte de Bogotá D.C. y los municipios aledaños, en el marco de la priorización de proyectos de transporte público de la Ciudad-Región, se llevó a cabo el proceso de la estimación, proyección y asignación de población y usos del suelo que se presenta en este documento, en concertación con la SDP.

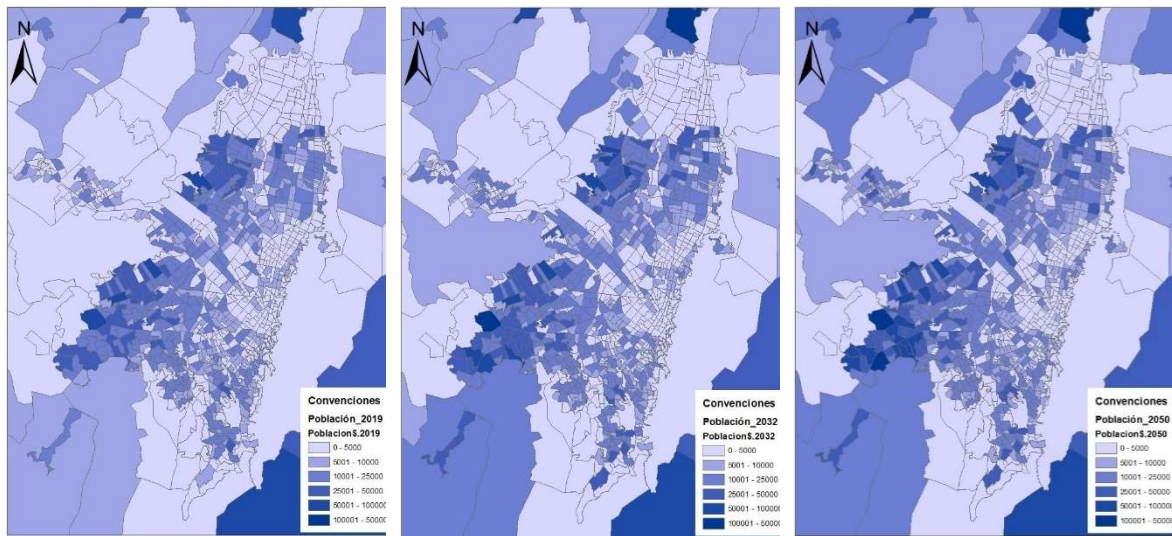
Estas variables son las principales determinantes de la magnitud y localización de las zonas productoras y atractoras de viajes, por lo cual se consideran de especial interés para la formulación adecuada del proceso de modelización del sistema de transporte y del análisis de incertidumbre en lo concerniente al desarrollo urbano del área de estudio.

El paso inicial para la estimación de los vectores fue el cálculo para la equivalencia a número de ZATs correspondientes a la EODH del año 2019, con el cual se desarrolló el modelo para el año base.

El paso siguiente es la estimación de los vectores de población futuros, teniendo como techo las proyecciones del DANE, de acuerdo con el censo del 2018 para Bogotá y la región, y las proporciones de crecimiento que se concertaron con SDP.

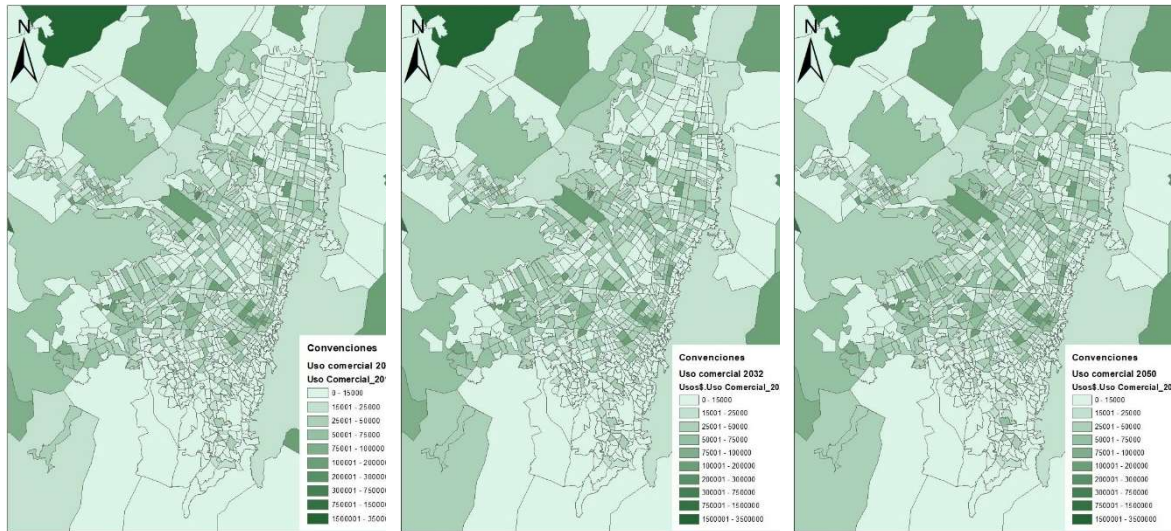
A continuación, se presentan los mapas de población total y usos del suelo comercial, para el escenario calibrado 2019, un escenario intermedio 2032 y un escenario a largo plazo 2050.

Figura 39. Población por ZAT para 2019, 2032, 2050



Fuente: Elaboración propia

Figura 40. Uso comercial por ZAT en m2 para 2019, 2032, 2050

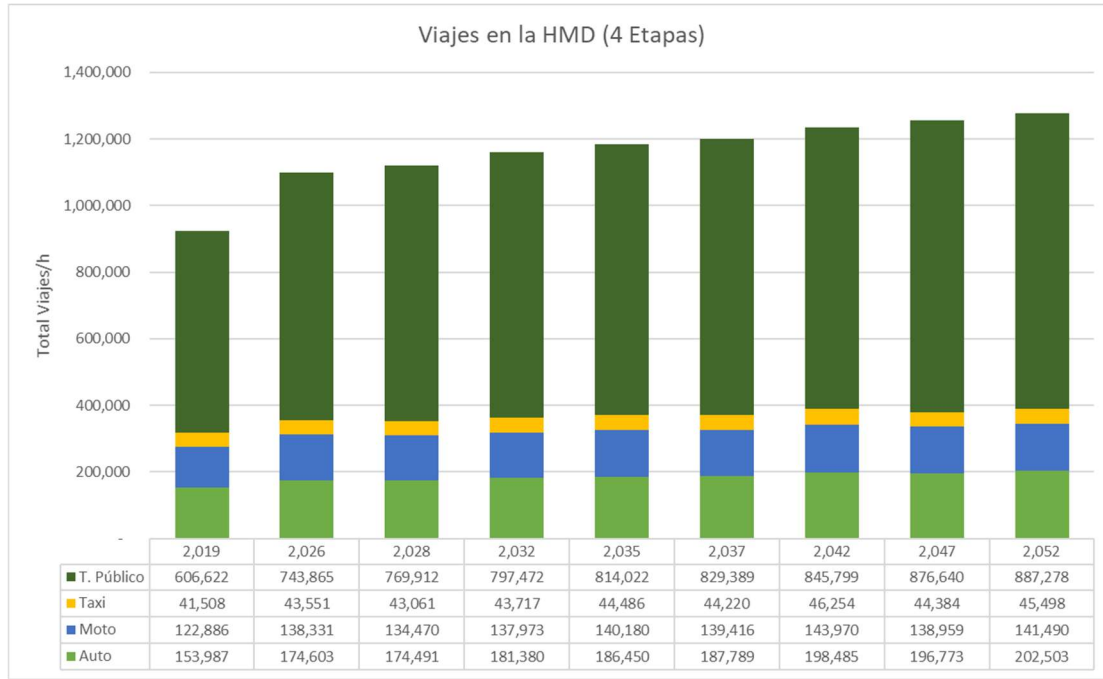


Fuente: Elaboración propia

4. PROYECCIÓN DE DEMANDA (CRECIMIENTO DE LAS MATRICES DE VIAJES POR MODO)

Al ser un modelo de 4 etapas el MTCEB, en el submodelo de elección los usuarios simulados de la red de transporte deciden la forma y los modos en los que van a hacer sus viajes, a partir de la disponibilidad y los costos de cada uno. En este modelo se calculan matrices de demanda para transporte público y vehículos privados motorizados que parten de los resultados del modelo de distribución y de indicadores externos adicionales como el porcentaje de hogares sin vehículo, el número de automóviles con restricción de circulación y los costos de estacionamiento. Lo anterior, basado en el resultado de las necesidades de viajes que resultan de los modelos de generación, atracción y distribución modal y, el contraste de esta demanda con la oferta de transporte público y privado por corte temporal. Las matrices de viajes por modo y corte temporal se muestran a continuación:

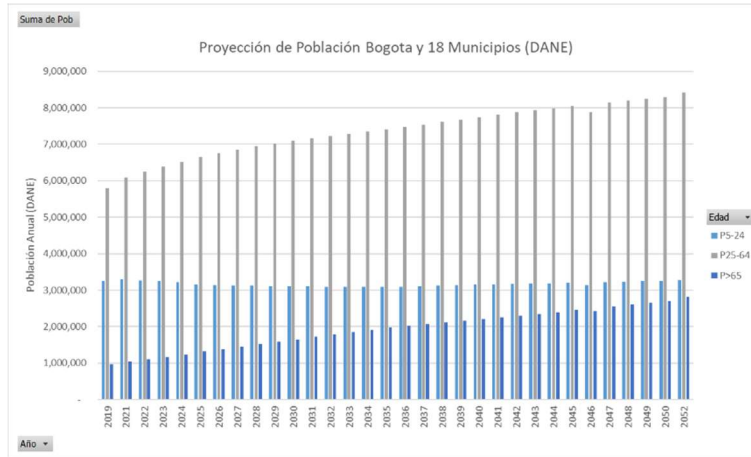
Figura 41. Tamaño de matrices de viajes por modo y corte temporal



Fuente: Elaboración propia

Para entender estos comportamientos, se puede revisar el crecimiento proyectado de población por segmento de edad del DANE para Bogotá y los 18 municipios. La cual indica un decrecimiento, en promedio, de la población entre 5 y 24 años, un crecimiento gradual de la población de 25 a 64 años y un crecimiento marcado en la población mayor a 64 años.

Figura 42. Crecimiento poblacional en Bogotá y 18 municipio vecinos

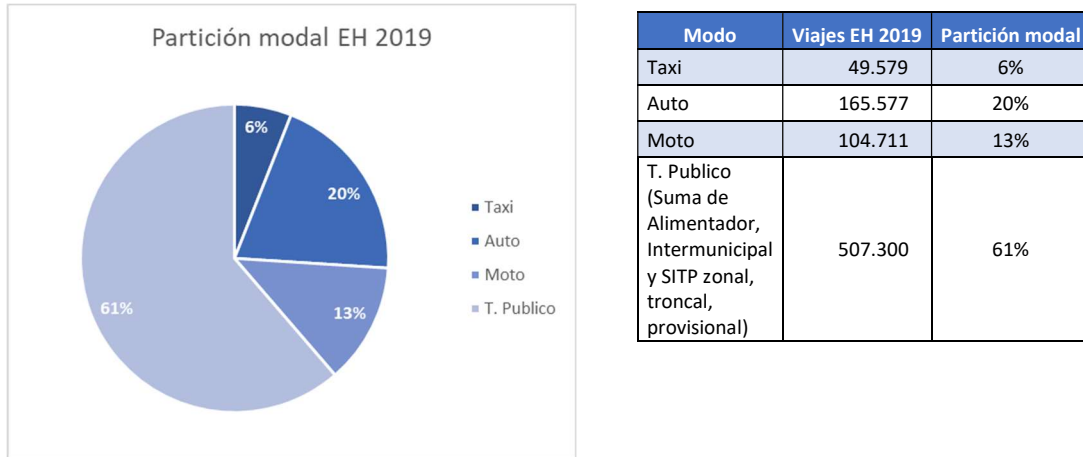


Fuente: SDM, 2022

Derivado de estos comportamientos de la población, los viajes resultantes del modelo de generación están marcados principalmente por la tendencia de crecimiento de la población de 5 a 64 años, para los motivos de viaje trabajo y otros.

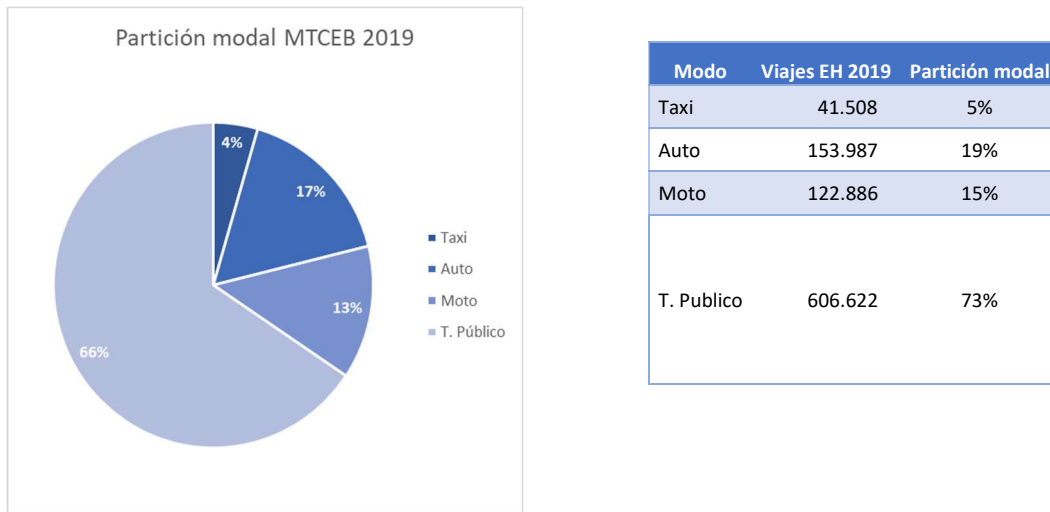
Como de la validación a la partición modal resultante del modelo, se compara los resultados con la Encuesta de Movilidad 2019, encontrando que son consistentes en términos porcentuales, marcado con una predominancia de los viajes motorizados en T. Público superior al 60%, seguido de auto con más del 17%. A continuación, se muestra la partición modal para cada una de las fuentes.

Figura 43. Partición modal Encuesta de Hogares 2019 (6:30-7:30)



Fuente: SDM, 2022

Figura 41. Partición modal MTCEB 2019 (6:30-7:30)



Fuente: Elaboración propia



5. DEFINICIÓN DE ESCENARIOS

5.1. Escenarios de Oferta

Los escenarios de oferta se construyen a partir de los nuevos proyectos de infraestructura vial o de sistemas de transporte público que la ciudad tiene priorizados para ejecutarse en los años venideros. Para la ciudad de Bogotá, se consideran dentro del modelo de 4 etapas de la SDM, proyectos de gran envergadura que pueden impactar la demanda en la Línea 2 del Metro de Bogotá. Estos proyectos incluyen nuevas vías, así como nuevos corredores BRT y extensión de troncales existentes.

Para definir los escenarios de oferta, se tienen en cuenta los siguientes documentos:

Plan de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas del Distrito capital 2020-2024

Dentro del Acuerdo Distrital No. 761 de 11 de junio de 2020 “Por medio del cual se adopta el plan de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas del Distrito capital 2020-2024 *“Un nuevo contrato social y ambiental para la Bogotá del siglo XXI”* se incluye en el Artículo 46 Proyectos Estratégicos, el Propósito 4 que indica “Hacer de Bogotá - Región un modelo de movilidad multimodal, incluyente y sostenible, se prioriza: la red de metro regional, conformada por la construcción de la fase I y la extensión de la fase II de la Primera Línea del Metro hasta Suba y Engativá, el Regiotram de Occidente, y el Regiotram del Norte, estructurada y en avance de construcción. Cable de San Cristóbal construido y cable en Usaquén estructurado. Iniciativas de ampliación de vías y acceso a la ciudad como son: AutoNorte, ALO Sur, Avenida Centenario, Av. 68, Av. Ciudad de Cali, extensión troncal Caracas, infraestructura de soporte del transporte público, corredor verde de la carrera Séptima, Avenida Circunvalar de Oriente, Sistema Público de Bicicletas, proyectos de infraestructura cicloinclusiva como la Cicloalameda Medio Milenio y espacio público. Una estrategia de centros de desconsolidación de carga implementada. Ampliación y mejoramiento de la red de ciclorrutas. Estaciones del sistema Transmilenio ampliadas y/o mejoradas.

CONPES 4034

El documento CONPES 4034 indica que las diferentes entidades territoriales han identificado los indicadores de desempeño en movilidad en hora pico (HP) de proyectos de transporte público para el 2035, en este se incluyen proyectos tales como Metro a Suba- Engativá, Regiotram del Norte, Extensión Troncal Av. Ciudad de Cali (Av.

Manuel Cepeda Vargas a Cll 80), Extensión PLMB Norte (Cll 200), Extensión troncal Cll. 80, etc. De acuerdo con este análisis en el documento mencionado se establecen los proyectos considerados por corte temporal 2027, 2035 y largo plazo, los cuales se muestran a continuación:

Componente	2027*	2035	Largo plazo
Red Regional de Corredores Férreos	<u>Red de metro</u> PLMB – Tramo 1	<u>Red de metro</u> Metro a Suba- Engativá	<u>Red de metro</u> Corredor férreo del Sur
	<u>Trenes de cercanías</u> Regiotram de Occidente	Extensión PLMB al norte <u>Trenes de cercanías</u> Regiotram del Norte	Tte. masivo Av. Boyacá
SITP	<u>Red corredores troncales</u> Av. Carrera. 68	<u>Red corredores troncales</u> Borde Occ. - Calle 13	<u>Red corredores troncales</u> Extensión Cll. 80
	Av. Ciudad de Cali Soacha- Américas	Extensión Troncal Av. Ciudad de Cali	Extensión Cll 26
	Carrera 7	<u>Cable</u>	Continuación Plan Marco
	Cicloalameda	Cable San Rafael	Extensión Av. Ciudad de Cali
	Medio Milenio	Cable S. Cristóbal Juan Rey	Soacha
	<u>Cable</u>	Cable Ciudadela Sucre	
	Cable Usaquén- El Codito	Cable Potosí- Sierra Morena	
	Cable Reencuentro Monserrate		
Cable S. Cristóbal- Altamira			
Conectividad y competitividad regional	Ampliación Autonorte	Perimetral de la Sabana	
	Ampliación Carrera 7	Vía Suba – Cota	
		Calle 63	
		Borde Occ. ALO Centro	

A partir de lo antes descrito, se configuran 3 escenarios asociados a la planeación y priorización de proyectos de transporte público de la ciudad con los cuales se pueden determinar entre otros, información de demanda, de beneficios sociales y dimensionamiento del proyecto

Plan Maestro de Movilidad

El Plan Maestro es un instrumento de planeamiento urbanístico que desarrolla y complementa el Plan de Ordenamiento Territorial, con el objetivo de lograr una movilidad sostenible, segura, equitativa e incluyente.

De acuerdo con los conceptos planteados en la formulación estratégica del plan, se requiere de una serie de acciones importantes para lograr la implantación del Sistema Integrado de Transporte Público Masivo (SITPM), bajo los objetivos de calidad, seguridad, eficiencia y rentabilidad. Es importante destacar la importancia de que dichas acciones sean apoyadas desde y a través de los procesos de planeación que se encuentran en curso. Con este enfoque no solo se aminora el riesgo de ejecutar actividades e inversiones que no sean consistentes con el sistema de transporte público deseado, sino que también se agiliza la implementación del mismo. Es así como el Decreto 319 de 2006, que corresponde con el Plan Maestro de Movilidad vigente del Distrito, definió en su Artículo 13 el Sistema Integrado de Transporte Público como uno de los componentes principales de la estructura del sistema de movilidad de la ciudad, y definió su importancia para ser implementado en desarrollo de este plan.

En el marco de lo anterior, el Decreto 319 de 2006, en su Artículo 61, también hizo referencia de forma general al Metro como componente del Sistema integrado de transporte público y definió que *“Cuando las condiciones de movilidad de la ciudad lo exijan, la administración distrital adoptará el Metro, y adelantará los estudios pertinentes de factibilidad como componente del Sistema de Transporte Publico Integrado”*.

La adaptación del Metro o la implementación del modo Metro dentro del SITP se viene desarrollando desde la definición y fase de planeación del proyecto Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB) y se concretará con la ejecución y puesta en operación de este primer proyecto de Metro y los siguientes que se desarrollen para expandir esta primera línea, dentro de los que se incluye el proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá. Tal como lo define el artículo 61, la condición para implementación de los proyectos de metro se sujeta a la ejecución de “los estudios pertinentes de factibilidad”, que para el caso del proyecto de Línea 2 se encuentran ejecutados.

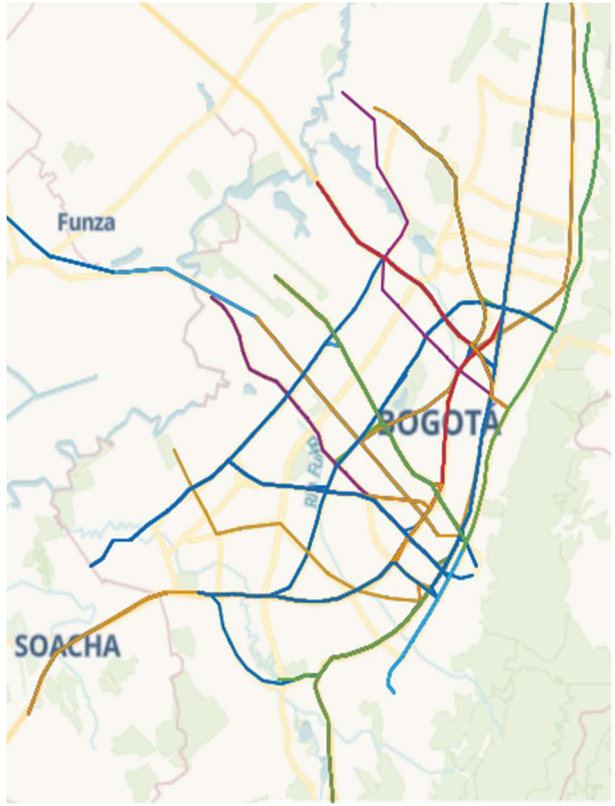
5.1.1. Proyectos de transporte público

En las siguientes tablas se presenta la configuración de los proyectos de transporte público que hacen parte de cada escenario y que han sido aprobados por la EMB.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

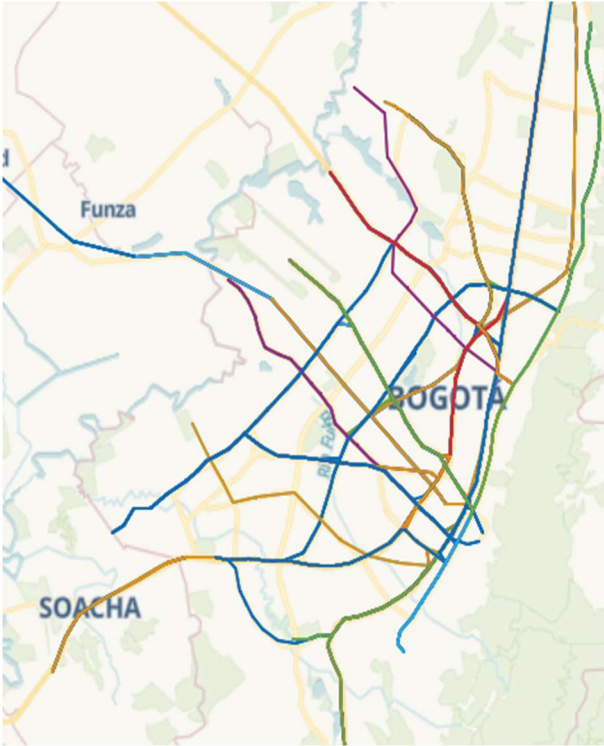
34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Tabla 15. Escenario de Oferta 2 – Transporte público para el año 2032

<p>Proyecto Transporte Público</p> <p>PLMB Extensión PLMB hasta Cll 100 Troncal Av. 68 Tren de cercanías de Occidente – Regiotram de Occidente Av. Ciudad de Cali hasta Manuel Cepeda Soacha Fase 2 y 3 Caracas Extensión Sur Av. Villavicencio entre Av. Boyacá y Autopista Sur Troncal Calle 13 Autopista Norte entre Calle 200 y 245 SITP al 100 % Carrera Séptima Verde L2MB Troncal CL 80 extensión – Intercambiador Modal 80 Troncal Américas Conexión Regiotram del Norte Av. Cali entre AC 6 y AC 80 Troncal El Dorado Extensión</p>	 <p>Mapa del sistema de transporte público de Bogotá y alrededores para el año 2032. El mapa muestra una red de líneas de color que conectan zonas como Funza, Soacha y Bogotá. Las líneas representan diferentes rutas y modos de transporte, como el Tren de Cercanías de Occidente, el Regiotram del Norte, y varias troncales y extensiones de líneas existentes.</p>
---	--

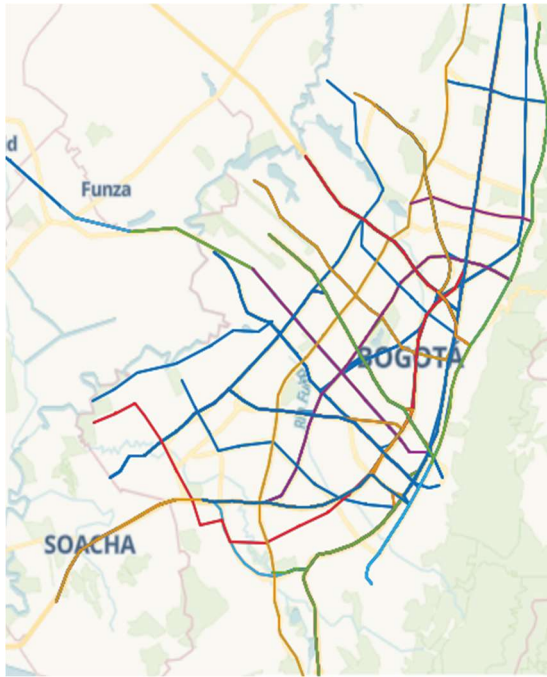
Fuente: MOVIUS

Tabla 16. Escenarios de oferta 2ª – Transporte público para años 2037 y 2042

<p>Proyecto Transporte Público PLMB <u>Extensión PLMB hasta CII 200</u> Troncal Av. 68 Tren de cercanías de Occidente – Regiotram de Occidente Av. Ciudad de Cali hasta Manuel Cepeda Soacha Fase 2 y 3 Caracas Extensión Sur Av. Villavicencio entre Av. Boyacá y Autopista Sur Troncal Calle 13 Autopista Norte entre Calle 200 y 245 SITP al 100 % Carrera Séptima Verde L2MB Troncal Calle 80 extensión – Intercambiador Modal 80 Troncal Américas Conexión Regiotram del Norte Av. Cali entre AC 6 y AC 80 Troncal El Dorado Extensión</p>	
--	---

Fuente: MOVIUS

Tabla 17. Escenarios de oferta 3 – Transporte público para años 2047 y 2052

<p>Proyecto Transporte Público</p> <p>PLMB Extensión PLMB hasta Calle 100 - Calle 200 Troncal Av. 68 Tren de cercanías de Occidente – Regiotram de Occidente Av. Ciudad de Cali hasta Manuel Cepeda Soacha Fase 2 y 3 Caracas Extensión Sur Av. Villavicencio entre Av. Boyacá y Autopista Sur Troncal Calle 13 Autopista Norte entre Calle 200 y 245 SITP al 100 % Carrera Séptima Verde</p> <p>L2MB Troncal Calle 80 extensión – Intercambiador Modal 80 Troncal Américas Conexión Regiotram del Norte Av. Cali entre AC 6 y AC 80 Troncal El Dorado Extensión</p> <p><u>Corredor Férreo del Sur (L3MB)</u> <u>Transporte masivo Av. Boyacá (L4MB)</u></p> <p><u>Calle 170</u> <u>Calle 63</u> <u>Calle 127</u> <u>Troncal ALO Sur</u></p>	
---	---

Fuente: MOVIUS

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los proyectos para cada escenario y corte temporal definidos por SDM, EMB y FDN; para el escenario 2037 entre en operación la extensión de la PLMB desde la AC 100 hasta la Calle 200, para el escenario 2047 entran en operación proyectos de transporte masivo de la Av. Boyacá, Corredor férreo del Sur y proyecto de Transmilenio de la AC 170, AC 127, AC 63 y ALO Sur.

Tabla 18. Resumen Escenarios de Oferta Transporte Público

Proyecto	Oferta 2	Oferta 2A	Oferta 3
PLMB	✓	✓	✓
Extensión PLMB hasta Calle 100	✓	✓	✓
Troncal Av. 68	✓	✓	✓
Tren de cercanías de Occidente – Regiotram de Occidente	✓	✓	✓
Av. Ciudad de Cali hasta Manuel Cepeda	✓	✓	✓
Soacha Fase 2 y 3	✓	✓	✓
Caracas Extensión Sur	✓	✓	✓
Av. Villavicencio entre Av. Boyacá y Autopista Sur	✓	✓	✓
Troncal Calle 13	✓	✓	✓
Autopista Norte entre Calle 200 y 245	✓	✓	✓
SITP al 100 %	✓	✓	✓
Carrera Séptima Verde	✓	✓	✓
L2MB	✓	✓	✓
Troncal Calle 80 extensión – Intercambiador Modal 80	✓	✓	✓
Troncal Américas Conexión	✓	✓	✓
Regiotram del Norte	✓	✓	✓
Av. Cali entre AC 6 y AC 80	✓	✓	✓
Troncal El Dorado Extensión	✓	✓	✓
PLMB – Extensión Calle 100 - 200		✓	✓
Corredor Férreo del Sur (L3MB)			✓
Transporte masivo Av. Boyacá (L4MB)			✓
PLMB – Extensión Calle 200			✓
Calle 170			✓
Calle 63			✓

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

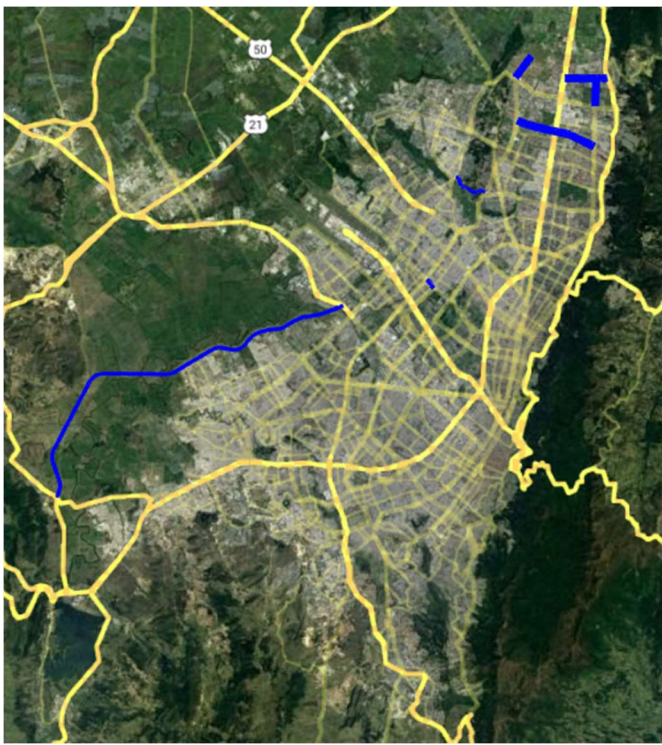
Proyecto	Oferta 2	Oferta 2A	Oferta 3
Calle 127			✓
Troncal ALO Sur			✓

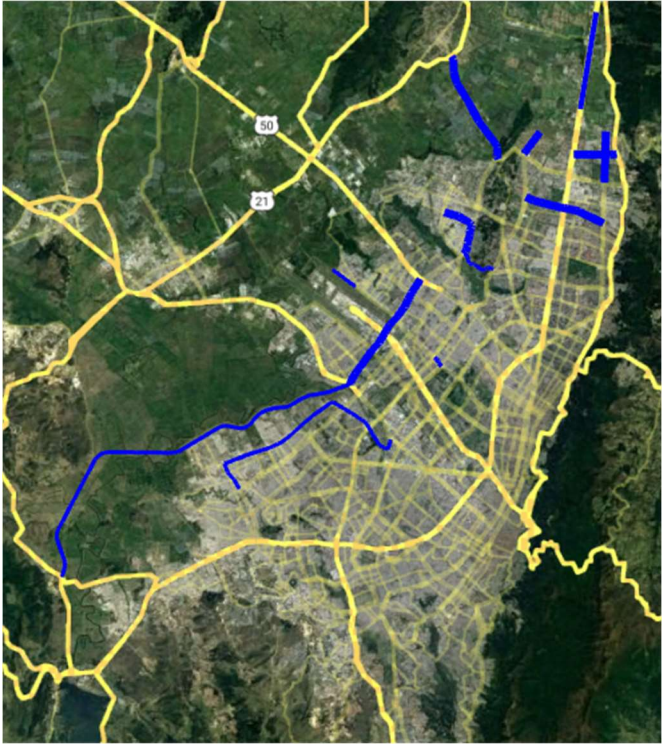
Fuente: MOVIUS

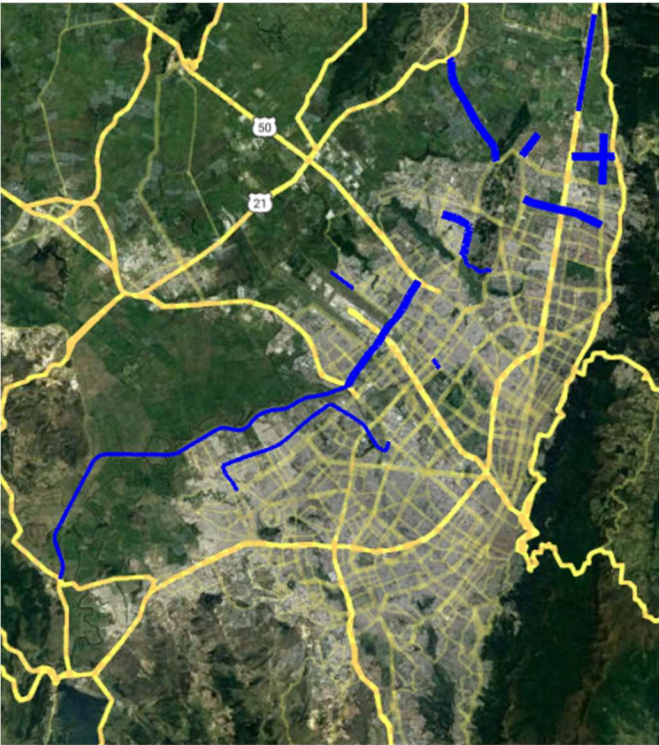
5.1.2. Proyectos de transporte privado

En las siguientes tablas se presenta la configuración de los proyectos de transporte privado que hacen parte de cada escenario y que han sido aprobados por la EMB.

Tabla 19. Escenario – Transporte Privado

Año - Oferta	Proyectos	Esquema
2032 Oferta 2	<p>Red vial actual</p> <p>Av. Mutis entre Boyacá y Constitución</p> <p>Av Carrera 9 – Extensión Cll 183</p> <p>Av. El Rincón entre Boyacá y Cr. 91</p> <p>Av. La Sirena entre Boyacá – Autonorte y Cr. 9</p> <p>Av. San Antonio entre Boyacá y Cr. 7</p> <p>Av Boyacá Extensión Cll 183.</p> <p>ALO Sur hasta Calle 13</p> <p>Accesos Norte II</p> <p>Av Carrera 7</p>	

<p>2037 - 2042 Oferta 2ª</p>	<p>Red vial actual Mutis entre Boyacá y Constitución Av Carrera 9 – Extensión Cll 183 Av. El Rincón entre Boyacá y Cr. 91 Av. La Sirena entre Boyacá – Autonorte y Cr. 9 Av. San Antonio entre Boyacá y Cr. 7 Av Boyacá Extensión Cll 183. ALO Sur hasta Calle 13 Accesos Norte II Av Carrera 7 Av. Guayacanes entre Av. Tintal y Av. Alsacia Accenorte II ALO Centro entre Calle 13 y Calle 80 Vía Suba-Cota Perimetral de La Sabana Av. Mutis entre Cll. 114 y 122 Av. El Rincón entre Cr. 91 y Av. Conejera Av. El Tabor entre Conejera y Ciudad de Cali Av. Carrera 9 extensión Calle 193</p>	
---	---	---

<p>2047 - 2052 Oferta 3</p>	<p>Red vial actual Mutis entre Boyacá y Constitución Av Carrera 9 – Extensión Cll 183 Av. El Rincón entre Boyacá y Cr. 91 Av. La Sirena entre Boyacá – Autonorte y Cr. 9 Av. San Antonio entre Boyacá y Cr. 7 Av Boyacá Extensión Cll 183. ALO Sur hasta Calle 13 Accesos Norte II Av Carrera 7 Av. Guayacanes entre Av. Tintal y Av. Alsacia Accenorte II ALO Centro entre Calle 13 y Calle 80 Vía Suba-Cota Perimetral de La Sabana Av. Mutis entre Cll. 114 y 122 Av. El Rincón entre Cr. 91 y Av. Conejera Av. El Tabor entre Conejera y Ciudad de Cali Av. Carrera 9 extensión Calle 193</p>	
--	---	---

5.2. Escenarios a modelar

Para el desarrollo del Aval Técnico se definió junto con EMB, que se realizarán sobre la Visión de crecimiento de ciudad y los escenarios de oferta, relacionados en el numeral anterior. A continuación, se resumen los cortes temporales y ofertas consideradas:

- Año 2032 - Oferta 2

- Año 2037 - Oferta 2 A
- Año 2042 - Oferta 2 A
- Año 2047 - Oferta 3
- Año 2052 - Oferta 3

Es importante anotar que los escenarios de oferta de transporte se encuentran en el capítulo 5.1



5.3. Parámetros de modelación de escenarios

A continuación, se relacionan parámetros del modelo de demanda que fueron adoptados para las estimaciones realizadas para el Aval Técnico.

5.3.1 Supuestos de modelación transporte público

Los supuestos generales de modelación de transporte público empleados en todos los escenarios se describen a continuación:

- El diseño de rutas troncales se realiza de manera estratégica, lo que significa que no se hacen diseños operacionales detallados ni se diseñan rutas expresas. Las conexiones que se ofrecen son las de mayor demanda y la frecuencia se asigna con base en lo que actualmente se encuentra en operación en troncales de demanda máxima similares.
- La velocidad de las nuevas troncales también se asigna con base en la velocidad resultante de troncales actuales similares teniendo en cuenta servicios corrientes, expresos y su evolución.
 - Frecuencia de la primera línea del metro hasta Calle 200 (PLMB): 20 trenes/h.
 - Frecuencia de la línea dos del metro Hasta Suba (L2MB): 31 trenes/h.
 - Frecuencia de la tercera línea del metro hasta Soacha: 20 trenes/h.
 - Frecuencia de la cuarta y quinta línea del metro Av. Boyacá: 20 trenes/h.
 - Frecuencia del Regiotram de Occidente dentro de Bogotá: 15 trenes/h.
 - Frecuencia del Regiotram del Norte dentro de Bogotá: 15 trenes/h.
 - Velocidad comercial de las troncales nuevas: 24 a 26 km/h.
 - Velocidad comercial de los Regiotrams Norte y occidente dentro de Bogotá: 32 km/h.

- Velocidad comercial de los Regiotrams Norte y occidente fuera de Bogotá: 49 km/h.
- Velocidad comercial de la primera línea del metro hasta Calle 200 (PLMB): 40 km/h.
- Velocidad comercial de la línea dos del metro Hasta Suba (L2MB): 41 km/h.
- Velocidad comercial de la tercera línea del metro hasta Soacha: 37 km/h.
- Velocidad comercial de la cuarta y quinta línea del metro Av. Boyacá: 37 km/h.

Supuestos tarifarios

Las tarifas usadas en este proceso de modelación corresponden a las tarifas 2019 con las que se calibró el modelo de transporte en el marco de la EODH2019. Las tarifas de Regiotram de Occidente y Norte son entradas directas de los estudios de estructuración técnica, legal, financiera y los estudios de factibilidad respectivamente. Se aclara que los dos Regiotrams incorporados en los escenarios de oferta no tienen integración tarifaria con el SITP de Bogotá. A continuación, se presenta el resumen de las tarifas por modo:

Tabla 20: Tarifas por modo

Modo de transporte	Tarifa (\$)
SITP Troncal	2400
SITP Zonal	2200
SITP Provisional	1750
SITP Zonal + Troncal	2400
Metro	2400
SITP Zonal + Metro	2400
Metro + SITP Troncal	2400
Regiotram dentro de Bogotá	2400
Intermunicipal	Tarifa diferencial por municipio
Regiotram fuera de Bogotá	Tarifa diferencial por municipio

Fuente: SDM, 2022

Supuestos L2MB

- Longitud entre estaciones.

La siguiente tabla muestra las distancias entre centros de estaciones y entre bordes,

Tabla 21. Longitud entre estaciones - L2MB

Estación de inicio	Estación Final	Distancia entre centro estaciones con Diseño Férreo (m)	Distancia entre bordes estaciones con Diseño Férreo (m)
1	2	1505	1445
2	3	1770	1756
3	4	1455	1449
4	5	915	930
5	6	1140	1213
6	7	1200	1246
7	8	1577	1480
8	9	1594	1645
9	10	1370	1382
10	11	1670	1718

Fuente: MOVIUS

La Longitud total de la L2MB es de 14,195 metros

- **Intervalo entre trenes (hdw):** Se actualizó el intervalo entre trenes a 130 segundos o 2.17 minutos
- **Velocidad Comercial :** En todo su recorrido, promedio de:

Tabla 22. Velocidad Comercial - L2MB

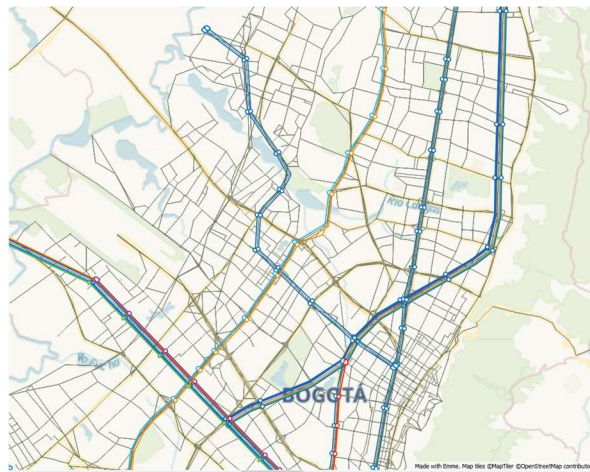
Sentido	Intervalo (min) headway	Longitud (km)	Tiempo (min)	Velocidad (km/hr)
Norte a Sur	2,17	14,19	21,12	40,31
Sur a Norte	2,17	14,19	20,87	40,80

Fuente: MOVIUS

- **Conexiones con otros modos:** La L2MB está conectada con todas las rutas del SITP que operan a su alrededor, así como también se ha configurado un conjunto de rutas alimentadoras.

A continuación, se muestra la conexión de la L2MB con sistemas masivos.

Figura 44. Conexiones con otros modos - REGIOTRAM del Norte y la PLMB y L4MB (Transporte masivo Av. Boyacá)

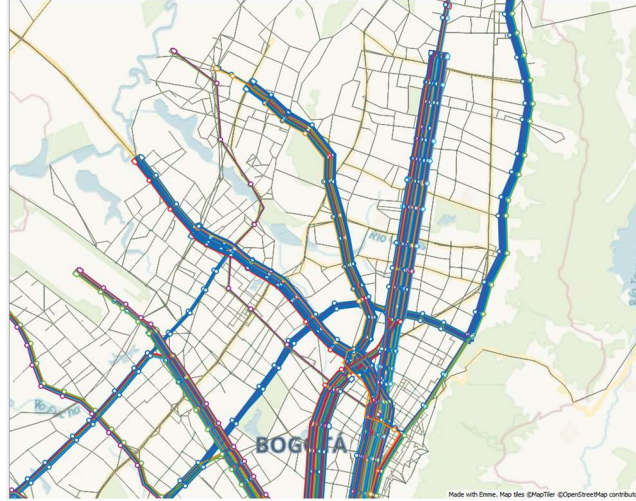


Fuente: MOVIUS

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

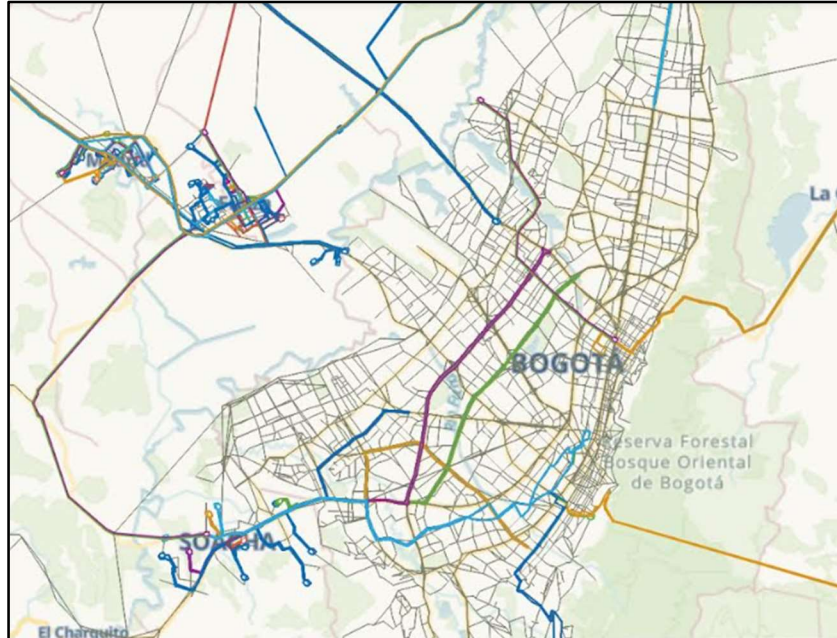
34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Figura 45. Conexiones con otros modos - Rutas Troncales



Fuente: MOVIUS

Figura 46. Conexión con rutas Intermunicipales



Fuente: MOVIUS

- Valor Subjetivo Del Tiempo

En la siguiente tabla se muestra el Valor Subjetivo Del Tiempo.

Tabla 23. Valor Subjetivo Del Tiempo

Modo	Estrato	VOT (\$/min)*
Transporte Público	E1 y E2	53,67
	E3	74,81
	E4	94,33
	E5 y E6	102,5
Carro y Taxi	E1 y E2	157,3
	E3	157,3
	E4	193,9
	E5 y E6	244,4
Moto	E1 y E2	134,2
	E3	134,2
	E4	165,4
	E5 y E6	208,3
Camión	Camion P vpx2	153,6
	Camion G vpx3	228,7
*VOT = Valor del Tiempo (al 2019)		

Fuente: SDM , 2022

- **Tiempo de acceso a estaciones** . El tiempo actual reportado por el modelo de transporte para estaciones de la L2MB es de 4,0 min que se define a partir del atributo de nodo @marct.
- **Penalidad de Transferencia** . La penalidad de transbordo a la Línea 2 de Metro, variable “TrM” la cual está dada en minutos con un valor inicial de 6,88 min.
- **@auxcst**: atributo de link, se llama a través de Marct y define la penalidad de tiempo de acceso a las estaciones

5.3.2. Propuesta Reestructuración de Rutas para la L2MB en la etapa de Factibilidad

En el proceso de estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, el estudio de demanda a nivel de factibilidad debe permitir la estimación de viajes tanto en la L2MB, como de los otros componentes del Sistema Integrado de Transporte Público – SITP- de Bogotá en diferentes escenarios de oferta de transporte y horizontes temporales.

Con el fin de establecer la oferta en la situación base de implementación de la L2MB, se procedió, a adelantar una propuesta a nivel de factibilidad de alimentación y reestructuración de rutas de transporte público, tendiente a generar un sistema de rutas que operen de manera complementaria, aumentando cobertura y reduciendo posibles impactos negativos a los usuarios.

Este numeral recoge los planteamientos y resultados (propuesta de reestructuración de etapa de factibilidad), del proceso de reestructuración de las rutas en zona de influencia al trazado del proyecto, y el planteamiento de servicios de alimentación, así como los indicadores que permiten evaluar el impacto de la reestructuración a nivel de sistema y para las rutas a reestructurar.

La reestructuración de rutas para la etapa de factibilidad fue presentada para conocimiento de la FDN, Interventoría EMB, TM y SDM; el día 19 de noviembre. La misma se complementó con base en los comentarios recibidos por parte de EMB, TM y SDM el día 25 de noviembre de 2021. Con la propuesta ajustada de reestructuración de rutas se continuó con el ejercicio de modelación.

El punto de análisis parte de la identificación del trazo de la Línea 2 del Metro de Bogotá teniendo como origen destino en el occidente de la ciudad las localidades de Suba y Engativá y al oriente Barrios Unidos y Chapinero, utilizando el corredor de la calle 72 – Av. Cali – ALO, con la propuesta de desarrollar el patio taller en Fontanar del Río en la localidad de Suba.

El sistema de rutas utilizado como base para la reestructuración corresponde a la red suministrada por la Secretaría Distrital de Movilidad, correspondiente al estudio “Formulación, análisis y priorización de alternativas para la extensión del PLMB-T1, y elaborar los estudios y diseños a nivel de prefactibilidad de la alternativa seleccionada para la expansión de la PLMB-T1 y su articulación con otros proyectos de transporte de la Región Bogotá – Cundinamarca” adelantado por la Financiera de Desarrollo Nacional

– FDN – (2021). Así mismo, se revisó el sistema de rutas SITP disponible en <https://datosabiertos.bogota.gov.co/organization/transmilenio>, cuya fecha de actualización corresponde a junio de 2021.

Se precisa que este es un planteamiento de reestructuración en la etapa de factibilidad, y una vez se desarrolle el proyecto, las entidades encargadas de la planeación de rutas de transporte público deben realizar la reestructuración definitiva.

5.3.2.1. Criterios de reestructuración y propuesta de alimentación

Dado el objetivo de plantear un planteamiento de etapa de factibilidad de reestructuración de rutas, en la cual los componentes del sistema de transporte operan de manera complementaria, se adelantó un proceso de análisis con dos pilares:

1. **Revisión de rutas en sobreposición y/o competencia con L2MB:** Enfocado en la identificación de rutas que, por su trazado, operan en paralelo a la L2MB, y por tanto, pueden ser sujetas a modificación.
2. **Revisión de rutas que complementan/alimentan L2MB:** Orientado a identificar posibilidades de integración de rutas de transporte público actualmente en operación con la L2MB.

En cuanto a las rutas en sobreposición, la orientación inicial fue identificar aquellos servicios que operan en más de una estación sobre el corredor del trazado propuesto, con el fin de analizar posibilidades de modificación que podrían consistir en modificación de trazados o recortes o división del trazado. Con base en el análisis de cargas de las rutas en el modelo de transporte, y tras la retroalimentación recibida de parte del equipo supervisor de la consultoría, se hizo una depuración de este listado, permitiendo que haya trazados en sobreposición hasta en el 20% del trazado de la L2MB², pasando de la identificación inicial de 24 rutas a reestructurar a 19 rutas, como se muestra en la tabla a continuación.

² La sobreposición respecto a la longitud del trazado de cada ruta es de aproximadamente 10%.

Tabla 24. Rutas identificadas en superposición y/o competencia

Consecutivo	Ruta Propuesta inicial	Propuesta final	Longitud en superposición km	% sobreposición con SLMB	Acción tomada
1	T37	Se reestructura	4,3	27%	Recorte e integración
2	T23	Se reestructura	4,5	29%	Recorte e integración
3	C41	Se reestructura	5	32%	Recorte e integración
4	359	Se reestructura	6	38%	Recorte e integración
5	128	Se reestructura	5,7	36%	Recorte e integración
6	E25	Se reestructura	6,9	44%	Recorte e integración
7	674	Se reestructura	3,3	21%	Recorte e integración
8	SE14	Se reestructura	3,3	21%	Alimentadora + cambio de trazado
9	576	Se reestructura	3,1	20%	Alimentadora + cambio de trazado
10	SE6	Se reestructura	2,5	16%	Alimentadora + cambio de trazado
11	801	Se reestructura	2,8	18%	Recorte e integración
12	37	Se reestructura	3,2	20%	Recorte e integración
13	112B	Se reestructura	3,3	21%	Recorte e integración
14	201B	Se reestructura	1,4	9%	Recorte e integración
15	385	Se reestructura	3,4	22%	Recorte e integración
16	669	Se reestructura	3,3	21%	Recorte e integración
17	SE10	Se reestructura	3,3	21%	Recorte e integración
18	402	Se reestructura	2	13%	Recorte e integración
19	N04A	Se reestructura	3,4	22%	Recorte e integración
20	914B	Sin cambios	2	13%	Se mantiene en situación actual
21	621	Sin cambios	2,9	18%	Se mantiene en situación actual
22	466	Sin cambios	2,5	16%	Se mantiene en situación actual
23	403B	Sin cambios	1,7	11%	Se mantiene en situación actual
24	C25	Sin cambios	2,2	14%	Se mantiene en situación actual

Fuente: MOVIUS

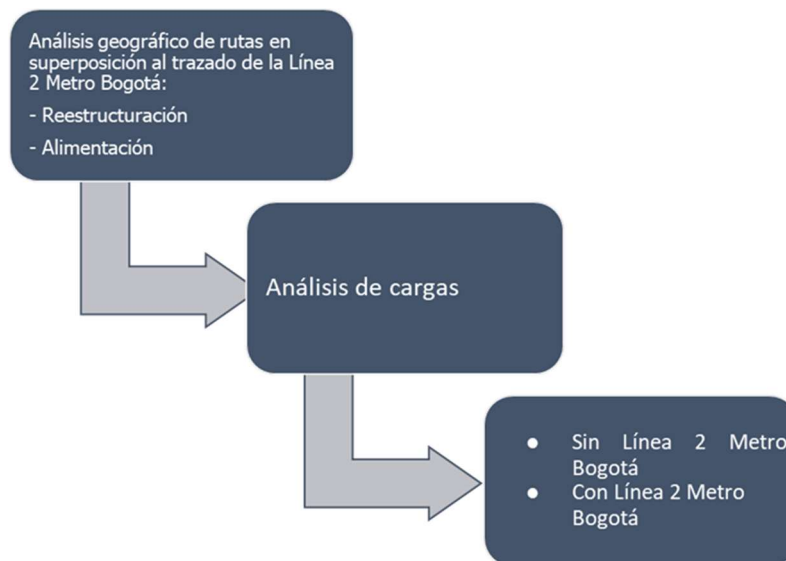
Para el análisis de rutas alimentadoras y/o complementarias, se partió del análisis de los servicios de alimentación actual de TransMilenio, bajo el criterio de generar conexiones entre dicho sistema y la L2MB, potencializando las eficiencias en la operación de estas rutas y manteniendo el uso de red vial destinada al uso de transporte público.

Esta perspectiva de análisis permitió adicionalmente proponer rutas alimentadoras que incrementen la cobertura al usuario, tras la identificación de sectores periféricos actualmente sin atención a distancias de entre 300 a 500 metros. Así mismo, cabe señalar que, tras las acciones de reestructuración, fue posible plantear rutas alimentadoras resultantes de la modificación de las rutas actuales.

Para la L2MB, los componentes del sistema de transporte público y las rutas reestructuradas, se obtuvieron resultados referentes a las cargas o abordajes, de manera que se tenga estimación del impacto esperado a nivel sistema y por componente. Cabe señalar que el modelo utilizado es adecuado para un nivel de factibilidad, por lo que los resultados a nivel agregado, en referencia al sistema troncal, zonal y metro, tienen un nivel de certidumbre mayor que el que se tiene a nivel de ruta.

El proceso de análisis de reestructuración de rutas existentes y su generación de alimentadoras se ilustra a continuación.

Figura 47. Proceso de análisis de reestructuración de rutas existentes y generación de alimentación



Fuente: MOVIUS

5.3.2.1.1. Resumen de planeamiento de rutas reestructuradas etapa de factibilidad

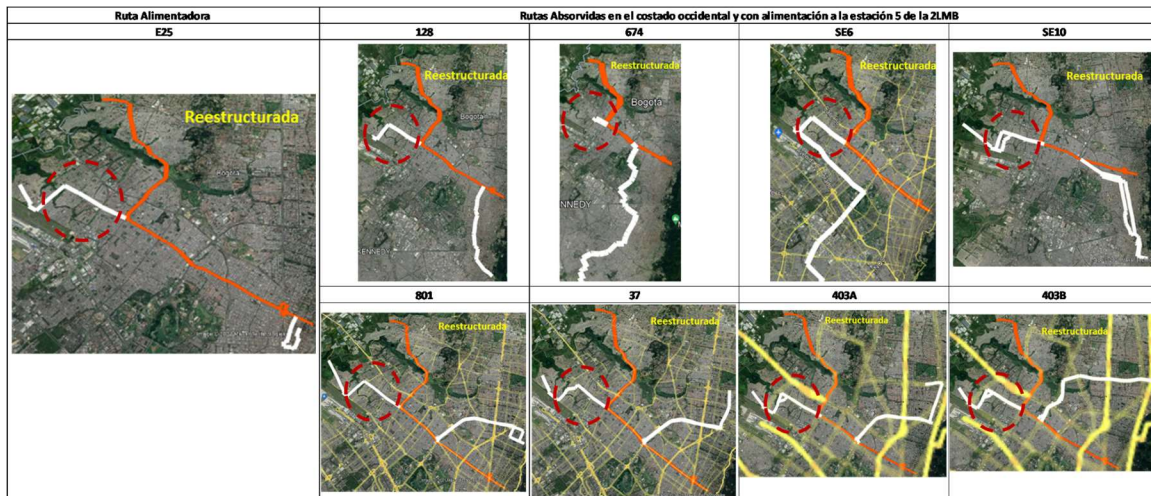
Con el fin de modelar las modificaciones de rutas existentes y las alternativas de alimentación, se adelantó un proceso de análisis de los trazados, buscando identificar

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

coincidencias entre estos. Esto en razón a que al realizar recortes de rutas y generar alimentadoras a través de las acciones de reestructuración, quedan tramos comunes entre varios servicios, que pueden ser representados en el modelo con una sola ruta.

Para ilustrar estos casos, se muestra a continuación el análisis de la ruta E25, que en el tramo de Engativá que queda como alimentación a la estación 5, resulta ser común a varias de las rutas reestructuradas, como son 128, 674, SE6, 801, 37, 403^a, 403B y SE10.

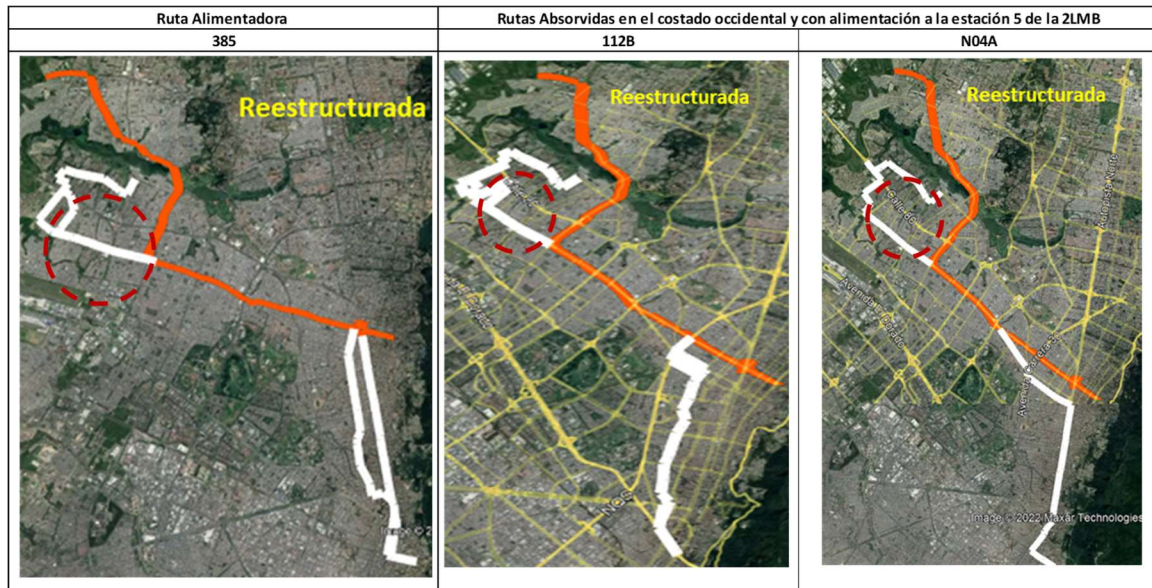


Fuente: MOVIUS

De manera similar, la ruta 385 agregó las rutas reestructuradas 112B y N04A, como se ilustra a continuación:

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD



Fuente: MOVIUS

En resumen, se tiene un total de 28 rutas modeladas, para representar la alimentación a las estaciones de la L2MB, se presenta a continuación:

Tabla 25. Rutas reestructuradas y alimentadoras - Etapa Factibilidad.

Cons.	Identificación de ruta	Estación de conexión
1	Alimentadora 1: Modelada como ruta nueva E11_04_320-1	11
2	Alimentadora 2: No modelada dado que su recorrido está dentro de una sola ZAT	11
3	Alimentadora 3: No modelada dado que su recorrido está dentro de una sola ZAT	11
4	Alimentadora 4: No modelada dado que su recorrido está dentro de una sola ZAT	11
5	Alimentadora 5: Modelada como ruta nueva E10_11-6 ^a	10
6	Alimentadora 6: Cubierta por ruta ZP_P94B-1	10
7	Alimentadora 7: No modelada dado que su recorrido está dentro de una sola ZAT	9
8	Alimentadora 8: Modelada como ruta nueva E9_E43-3 Mod	9
9	Alimentadora 9: Modelada como ruta nueva E8_5-2 ^a .	8

Cons.	Identificación de ruta	Estación de conexión
10	Alimentadora 10: Modelada como ruta nueva E7_1-7ª Mod	7
11	Alimentadora 11: Modelada como 576-1 y 576-2	5
12	Alimentadora 12: Modelada como SE14-1 y SE14-2	5
13	Alimentadora 13: Modelada como ruta E25-3-1 y E25-3-2	5
14	Alimentadora 14: Cubierta por ruta 669	5
15	Alimentadora 15: Modelada como ruta 385	5
16	Alimentadora 16: Cubierta por ruta 112B tramo occidental - Reestructurada	5
17	Alimentadora 17: Modelada como 359 occidente	4
18	Alimentadora 18: Modelada como 402 occidente	4
19	Reestructurada 1: T37	5
20	Reestructurada 2: T23	10, 3, 2 y 1
21	Reestructurada 3: C41	3
22	Reestructurada 4: 359	4 y 1
23	Reestructurada 5: SE14	5
24	Reestructurada 6: 801	5 y 3
25	Reestructurada 7: 201B	10, 5 y 4
26	Reestructurada 8: Modelada como 385-1 y 385-2	5 y 1
27	Reestructurada 9: 669	5 y 3
28	Reestructurada 10: 402	4 y 3

Fuente: MOVIUS

5.3.2.1.2. Resultados propuesta de reestructuración de ruta L2MB etapa de factibilidad

Los resultados a nivel de ruta muestran tendencias variables, encontrando incrementos en los abordajes en unos servicios y reducciones en otros. En primera instancia, se presentan los resultados comparativos de abordajes para las rutas reestructuradas, y posteriormente se amplía el análisis a nivel de ruta para el resto del sistema, con el fin de identificar servicios zonales que pueden estar operando como alimentadores de la L2MB .

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Tabla 26. Comparación de abordajes totales hora pico en rutas reestructuradas entre escenarios

Cons	Ruta	Sin L2MB	Con L2MB sin reestructuración	Con L2MB y reestructuración	Diferencia sin/con reestructuración L2MB	Diferencia sin/con reest.	% Cambio Sin L2MB entre Dif. sin/con Reest.L2MB
1	T37	1568	127	107	-1441	20	-92%
2	T23	841	796	432	-45	364	-5%
3	C41	762	451	429	-311	22	-41%
4	359	1196	681	83	-515	598	-43%
5	128	377	344	336	-33	-8	-9%
6	E25	903	635	346	-268	-289	-30%
7	674	1072	945	945	-127	-1363	-12%
8	SE14	1880	1708	1438	-172	270	-9%
9	576	4992	4990	5091	-2	-101	0%
10	SE6	1035	1093	958	58	135	6%
11	801	513	539	177	26	362	5%
12	37	423	430	337	7	93	2%
13	112B	1811	2147	78	336	2069	19%
14	201B	4965	1156	419	-3809	737	-77%
15	385	1002	1163	43	161	1120	16%
16	669	330	368	332	38	36	12%
17	SE10	396	410	71	14	-339	4%
18	402	208	177	50	-31	127	-15%
19	N04A	929	934	2427	5	-1493	1%

Fuente: MOVIUS

Tabla 27. Abordajes en rutas alimentadoras

Cons.	Identificación de ruta	Estación de conexión	Abordajes máx/sentido	Intervalo inicial modelación	Tipo V	Capacidad veh	Frecuencia necesaria buses/hora	Intervalo propuesto
1	Alimentadora 1: Modelada como ruta nueva E11_04_320-1	11	163	6	69	80	2,04	15
2	Alimentadora 2: No modelada dado que su recorrido está dentro de una sola ZAT	11	No estimados	No estimados	No estimados	No estimados	No estimados	No estimados
3	Alimentadora 3: No modelada	11	No	No estimados	No estimados	No estimados	No estimados	No

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Cons.	Identificación de ruta	Estación de conexión	Abordajes máx/sentido	Intervalo inicial modelación	Tipo V	Capacidad veh	Frecuencia necesaria buses/hora	Intervalo propuesto
	dado que su recorrido está dentro de una sola ZAT		estimados					estimados
4	Alimentadora 4: No modelada dado que su recorrido está dentro de una sola ZAT	11	No estimados	No estimados	No estimados	No estimados	No estimados	No estimados
5	Alimentadora 5: Modelada como ruta nueva E10_11-6ª	10	1084	6	69	80	13,55	4
6	Alimentadora 6: Cubierta por ruta ZP_P94B-1	10	2218	7,06	69	80	27,73	2
7	Alimentadora 7: No modelada dado que su recorrido está dentro de una sola ZAT	9	No estimados	No estimados	No estimados	No estimados	No estimados	No estimados
8	Alimentadora 8: Modelada como ruta nueva E9_E43-3 Mod	9	128	6	15	50	2,56	15
9	Alimentadora 9: Modelada como ruta nueva E8_5-2ª.	8	9	5,1	15	50	0,18	15
10	Alimentadora 10: Modelada como ruta nueva E7_1-7ª Mod	7	14	6	69	80	0,18	15
11	Alimentadora 11: Modelada como 576-1 y 576-2	5	4628	6	69	80	57,85	1
12	Alimentadora 12: Modelada como SE14-1 y SE14-2	5	877	6	69	80	10,96	5
13	Alimentadora 13: Modelada como ruta E25-3-1 y E25-3-2	5	259	6	15	50	5,18	11
14	Alimentadora 14: Cubierta por ruta 669	5	332	7,55	15	50	6,64	9
15	Alimentadora 15: Modelada como ruta 385	5	43	6	69	80	0,54	15
16	Alimentadora 16: Cubierta por ruta 112B tramo occidental - Reestructurada	5	78	5,47	69	80	0,98	15
17	Alimentadora 17: Modelada como 359 occidente	4	181	3,29	69	80	2,26	15
18	Alimentadora 18: Modelada como 402 occidente	4	50	8,2	15	50	1,00	15
19	Reestructurada 1: T37	5	102	7,5	69	80	1,28	15
20	Reestructurada 2: T23	10, 3, 2 y 1	288	7,06	69	80	3,60	15
21	Reestructurada 3: C41	3	217	6	69	80	2,71	15
22	Reestructurada 4: 359	4 y 1	97	3,29	69	80	1,21	15

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Cons.	Identificación de ruta	Estación de conexión	Abordajes máx/sentido	Intervalo inicial modelación	Tipo V	Capacidad veh	Frecuencia necesaria buses/hora	Intervalo propuesto
23	Reestructurada 5: SE14	5	877	9,92	15	50	17,54	3
24	Reestructurada 6: 801	5 y 3	115	6	69	80	1,44	15
25	Reestructurada 7: 201B	10, 5 y 4	311	8,22	69	80	3,89	15
26	Reestructurada 8: Modelada como 385-1 y 385-2	5 y 1	26	6	69	80	0,33	15
27	Reestructurada 9: 669	5 y 3	182	7,55	69	80	2,28	15
28	Reestructurada 10: 402	4 y 3	29	8,22	15	50	0,58	15

Fuente: MOVIUS

6. RESULTADOS ESTUDIO DE DEMANDA

En el presente capítulo se presentan los resultados de las estimaciones de la demanda del proyecto, para cada corte temporal

6.1. Viajes producidos y atraídos por cada uno de los municipios

En la siguiente tabla se muestran comparativamente los viajes producidos y atraídos por municipio que usan la L2MB, obtenidos para los escenarios de Oferta y Demanda en todos los cortes temporales. Cabe resaltar que para todos los escenarios Bogotá y Soacha son los que generan y atraen casi el 100% de los viajes que usan la L2MB.

Tabla 28. Viajes producidos y atraídos entre municipios que usan la L2MB - Hora Pico

Municipio	2032		2037		2042		2047		2052	
	Producidos	Atraídos	Producidos	Atraídos	Producidos	Atraídos	Producidos	Atraídos	Producidos	Atraídos
Bogotá	62 264	62 562	67 253	67 617	69 526	69 946	66 282	66 658	66 469	66 907
Bojacá	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cajicá	19	0	20	0	23	0	30	0	31	0
Chía	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1
Cota	1	1	1	1	2	1	2	1	3	1
El Rosal	2	2	3	2	5	2	5	2	6	1
Facatativá	3	19	4	19	6	19	8	19	10	19
Funza	1	1	2	1	3	1	4	1	9	1
Gachancipá	2	0	11	0	12	0	6	0	6	0
La Calera	35	3	35	3	35	3	36	15	36	15
Madrid	2	2	2	2	3	2	5	2	7	2

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Municipio	2032		2037		2042		2047		2052	
	Producidos	Atraídos	Producidos	Atraídos	Producidos	Atraídos	Producidos	Atraídos	Producidos	Atraídos
Mosquera	6	2	7	2	10	2	12	2	19	2
Otros	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Sibaté	1	0	2	0	2	0	2		2	
Soacha	378	158	405	158	440	159	407	158	440	158
Sopó	2	0	10	0	10	0	5	0	5	0
Tabio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tenjo	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Tocancipá	5	0	22	4	23	4	11	0	11	0
Zipaquirá	33	3	36	3	41	3	47	3	54	3
Total general	62 754	62 754	67 814	67 814	70 143	70 143	66 863	66 863	67 110	67 110

Fuente: MOVIUS

Además de Bogotá y Soacha que abarcan casi el 100% de los viajes tanto atraídos como generados; se puede evidenciar que Zipaquirá, Mosquera y Cajicá son los municipios que más incremento presentan en la producción de viajes puesto que entre 2032 y 2052 tendrían un incremento de cerca del 60% para Zipaquirá y Cajicá mientras que Mosquera duplicaría su cantidad de viajes en dicho periodo. En cuanto a los viajes atraídos, la Calera es el municipio que presenta un mayor beneficio puesto que entre 2032 y 2052 incrementa sus viajes 5 veces con respecto al 2032

6.2. Transferencias, abordajes y descensos por estaciones

Las transferencias, abordajes y descensos estimados, se resumen en las siguientes tablas para cada corte temporal.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

6.2.1. Abordajes por estaciones

En la siguiente tabla se presentan comparativamente los abordajes y transferencias por estación, obtenidos para los escenarios futuros de Oferta y Demanda.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Tabla 29. Abordajes y transferencias - Hora Pico

Estación	2032			2037			2042			2047			2052		
	Abordaje s Pie	Abordaje s Transfer.	Abordaje s Totales	Abordaje s Pie	Abordaje s Transfer.	Abordaje s Totales	Abordaje s Pie	Abordaje s Transfer.	Abordaje s Totales	Abordaje s Pie	Abordaje s Transfer.	Abordaje s Totales	Abordaje s Pie	Abordaje s Transfer.	Abordaje s Totales
1-Calle 72	270	7 618	7 888	278	9 643	9 921	287	9 811	10 098	280	6 086	6 366	286	6 108	6 394
2 - NQS	370	176	546	410	140	550	428	150	578	561	219	780	567	223	790
3 - Av. 68	1 405	1 475	2 880	1 733	1 536	3 269	1 788	1 611	3 399	1 982	1 170	3 152	2 040	1 213	3 253
4 - Av. Boyacá	2 197	0	2 197	2 516	0	2 516	2 595	0	2 595	1 655	3 963	5 618	1 643	3 951	5 594
5 - Av. Cali	2 513	795	3 308	2 893	850	3 743	3 032	799	3 831	2 169	46	2 215	2 163	45	2 208
6 - Calle 80	1 930	3 999	5 929	2 131	4 335	6 466	2 188	4 769	6 957	2 433	4 727	7 160	2 430	4 943	7 373
7 - Carrera 91	8 824	0	8 824	9 097	0	9 097	9 538	0	9 538	9 206	0	9 206	9 210	0	9 210
8 - Humedal	3 732	47	3 779	3 942	59	4 001	4 032	81	4 113	4 022	24	4 046	3 975	25	4 000
9 - ALO Sur	10 536	3	10 539	10 870	5	10 875	11 091	6	11 097	11 142	1	11 143	11 127	1	11 128
10 - ALO Norte	10 284	973	11 257	10 537	990	11 527	10 738	1 015	11 753	10 842	170	11 012	10 807	199	11 006
11 - Fontanar	5 605	1	5 606	5 846	0	5 846	6 184	0	6 184	6 165	0	6 165	6 153		6 153
Total	47 666	15 087	62 753	50 253	17 558	67 811	51 901	18 242	70 143	50 457	16 406	66 863	50 401	16 708	67 109

Fuente: MOVIUS

Con base en lo anterior, es posible identificar que en la estación 9 - ALO Sur presenta la mayor cantidad de abordajes iniciales en cada corte temporal, mientras que la estación 1 - Calle 72 proyecta la mayor cantidad de abordaje por transferencias. Por

otro lado, la estación No. 10 - ALO Norte, genera el mayor número de abordajes totales en los cortes temporales 2032, 2037 y 2042; y la estación 9 - ALO Sur para los cortes 2047 y 2052.

La mayor cantidad de abordajes totales a lo largo de la L2MB, se presentan en las estaciones ALO Sur y ALO Norte.

6.2.2. Descensos por estaciones

En las siguientes tablas se muestran comparativamente los descensos y transferencias por estaciones.

Tabla 30. Transferencia y Descensos Hora Pico

Estación	2032			2037			2042			2047			2052		
	Descens o Final	Descens o Transfer	Descensos Totales	Descens o Final	Descens o Transfer	Descensos Totales	Descens o Final	Descens o Transfer	Descensos Totales	Descens o Final	Descens o Transfer	Descensos Totales	Descens o Final	Descens o Transfer	Descensos Totales
1-Calle 72	6 018	23 133	29 151	6 025	25 956	31 981	6 073	26 455	32 528	6 773	24 550	31 323	6 717	24 419	31 136
2 - NQS	815	5 776	6 591	846	5 545	6 391	881	5 573	6 454	1 025	5 327	6 352	1 020	5 301	6 321
3 - Av. 68	2 941	6 292	9 233	3 430	6 368	9 798	3 620	6 712	10 332	3 237	5 509	8 746	3 228	5 472	8 700
4 - Av. Boyacá	2 824	65	2 889	3 062	92	3 154	3 332	103	3 435	1 885	3 297	5 182	1 887	3 475	5 362
5 - Av. Cali	718	1 238	1 956	808	1 607	2 415	837	1 614	2 451	563	989	1 552	588	987	1 575
6 - Calle 80	219	3 884	4 103	389	4 258	4 647	402	4 454	4 856	310	3 401	3 711	312	3 385	3 697
7 - Carrera 91	899	200	1 099	1 022	185	1 207	1 048	191	1 239	1 175	183	1 358	1 184	185	1 369
8 - Humedal	1 366	3	1 369	1 432	4	1 436	1 498	6	1 504	1 515	0	1 515	1 541	0	1 541
9 - ALO Sur	1 636	231	1 867	1 691	240	1 931	1 722	351	2 073	1 788	308	2 096	1 823	313	2 136
10 - ALO Norte	1 169	1 754	2 923	1 283	1 907	3 190	1 389	2 160	3 549	1 678	1 500	3 178	1 771	1 624	3 395

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Estación	2032			2037			2042			2047			2052		
	Descens o Final	Descens o Transfer	Descensos Totales	Descens o Final	Descens o Transfer	Descensos Totales	Descens o Final	Descens o Transfer	Descensos Totales	Descens o Final	Descens o Transfer	Descensos Totales	Descens o Final	Descens o Transfer	Descensos Totales
11 - Fontanar	1 491	81	1 572	1 583	83	1 666	1 637	86	1 723	1 757	91	1 848	1 787	92	1 879
Total	20 096	42 657	62 753	21 571	46 245	67 816	22 439	47 705	70 144	21 706	45 155	66 861	21 858	45 253	67 111

Fuente: MOVIUS

Se identifica que la estación 1 - Calle 72 presenta la mayor cantidad de descensos finales, transferencias de descensos, y descensos totales en cada corte temporal (2032, 2037, 2042, 2047 y 2052).

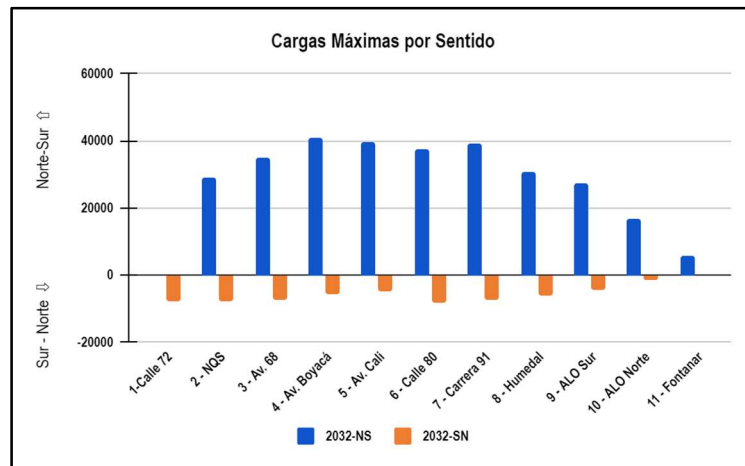


6.3. Perfil de Carga por sentido

El perfil de carga y cargas máximas estimadas en cada escenario se resumen en las siguientes figuras para cada corte temporal.

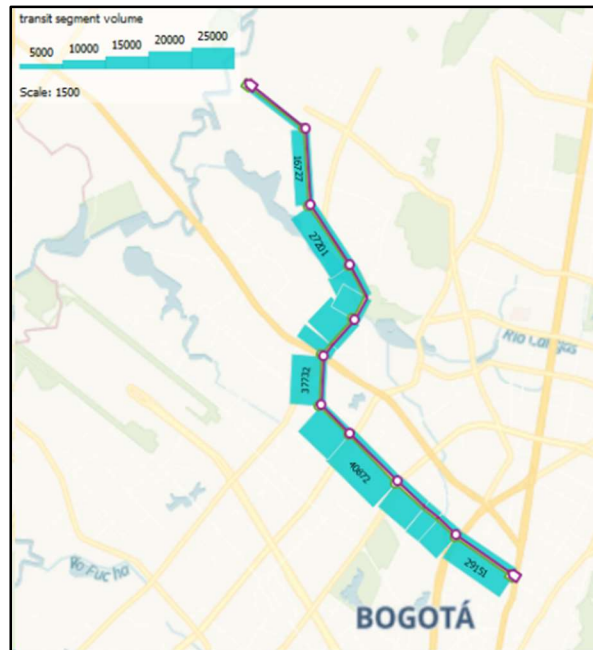
Para el año 2032 se tiene que en el sentido Norte - Sur, el tramo de mayor carga sería entre Av. Boyacá y Av. 68 con 40 872 pasajeros en la hora pico. En cuanto a la carga en el sentido Sur - Norte, se tiene que el tramo entre la estación Calle 80 y Carrera 91 con 8 128 pasajeros.

Figura 48. Cargas por Sentido. Año 2032



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

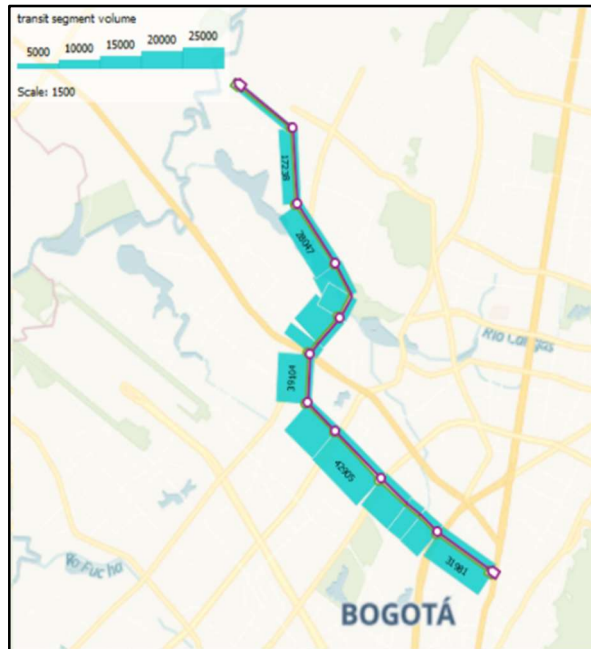
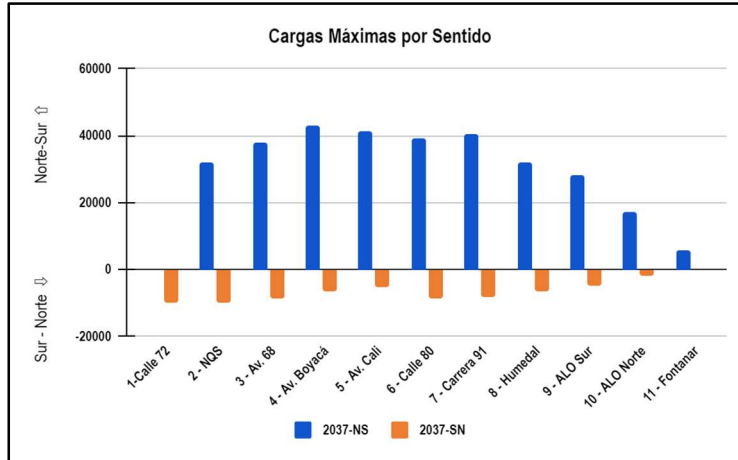
E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD



Fuente: MOVIUS

Para el año 2037 se tiene que en el sentido Norte - Sur, el tramo de mayor carga sería entre Av. Boyacá y Av. 68 con 42 905 pasajeros en la hora pico. En cuanto a la carga en el sentido Sur - Norte, se tiene que el tramo entre la estación Calle 72 y NQS con 9921 pasajeros.

Figura 49. Cargas por Sentido. Año 2037



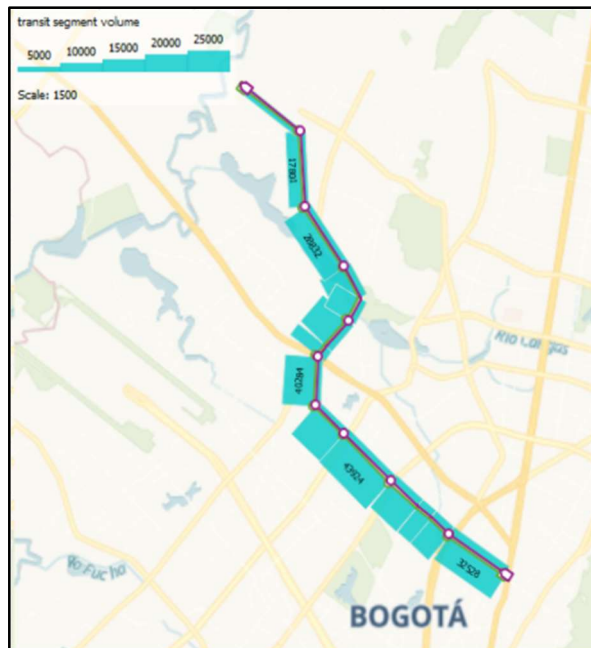
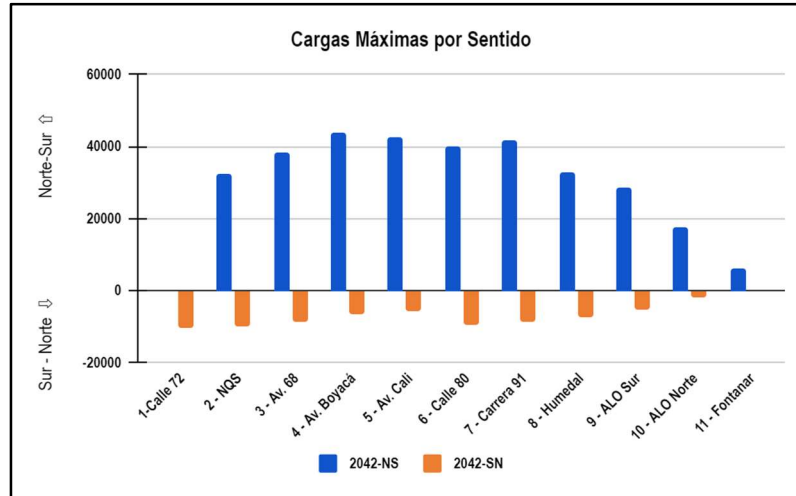
Fuente: MOVIUS

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Para el año 2042 se tiene que en el sentido Norte – Sur, el tramo de mayor carga sería entre Av. Boyacá y Av. 68 con 43 924 pasajeros en la hora pico. En cuanto a la carga en el sentido Sur – Norte, se tiene que el tramo entre la estación Calle 72 y NQS con 10 098 pasajeros es el de mayor carga.

Figura 50. Cargas por Sentido. Año 2042



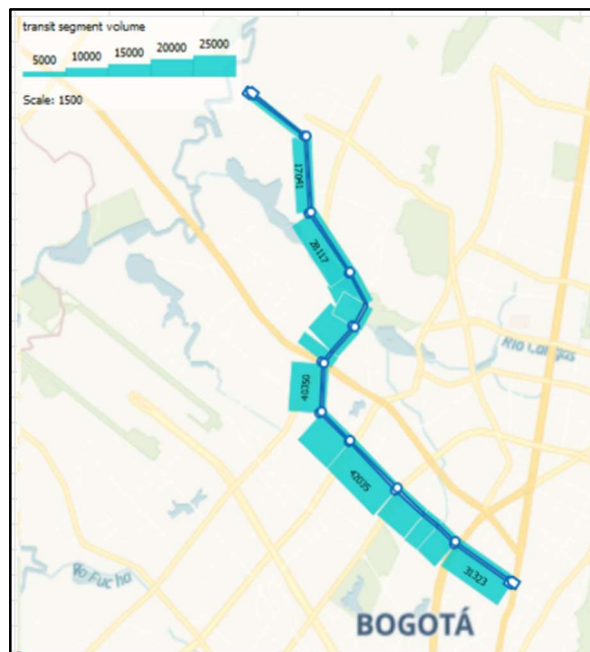
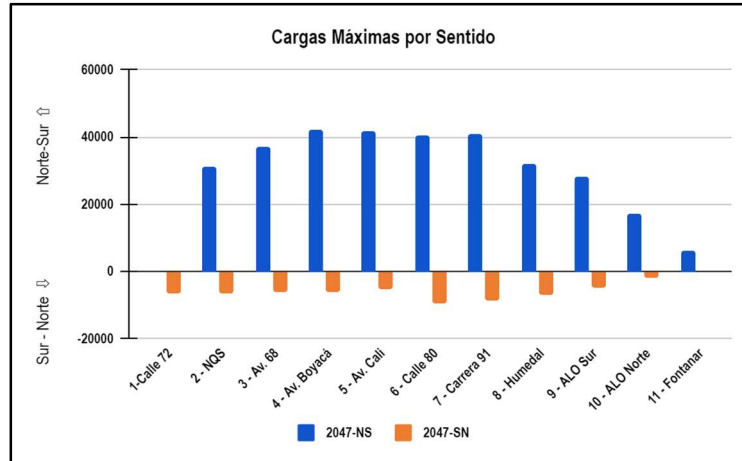
Fuente: MOVIUS

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Para el año 2047 se tiene que en el sentido Norte - Sur, el tramo de mayor carga sería entre Av. Boyacá y Av. 68 con 42 035 pasajeros en la hora pico. En cuanto a la carga en el sentido Sur - Norte, se tiene que el tramo entre la estación Calle 80 y Carrera 91 con 9276 pasajeros es el de mayor carga.

Figura 51. Cargas por Sentido. Año 2047

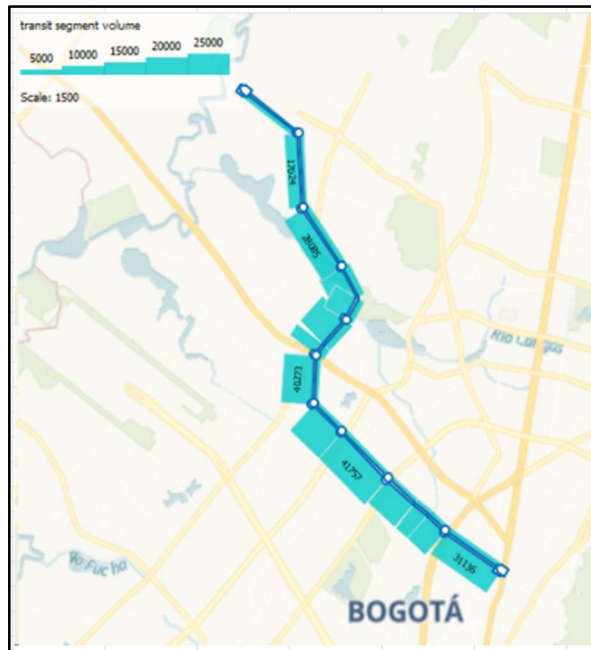
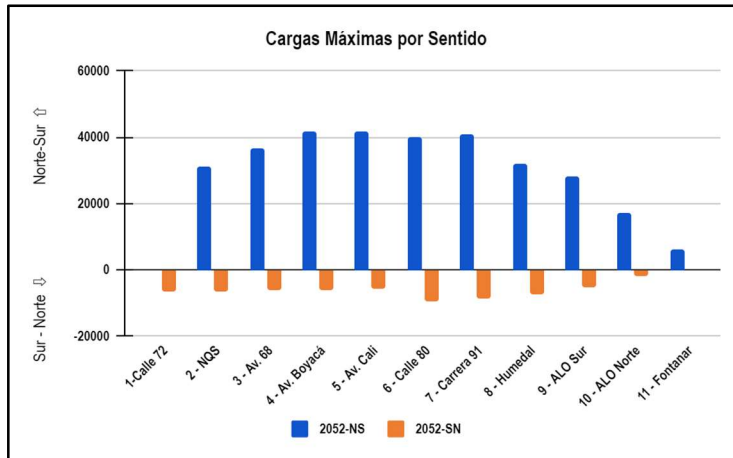


Fuente: MOVIUS

Para el año 2052 se tiene que en el sentido Norte - Sur, el tramo de mayor carga sería entre Av. Boyacá y Av. 68 con 41 757 pasajeros en la hora pico. En cuanto a la carga en

el sentido Sur - Norte, se tiene que el tramo entre la estación Calle 80 y Carrera 91 con 9593 pasajeros es el de mayor carga.

Figura 52. Cargas por Sentido. Año 2052

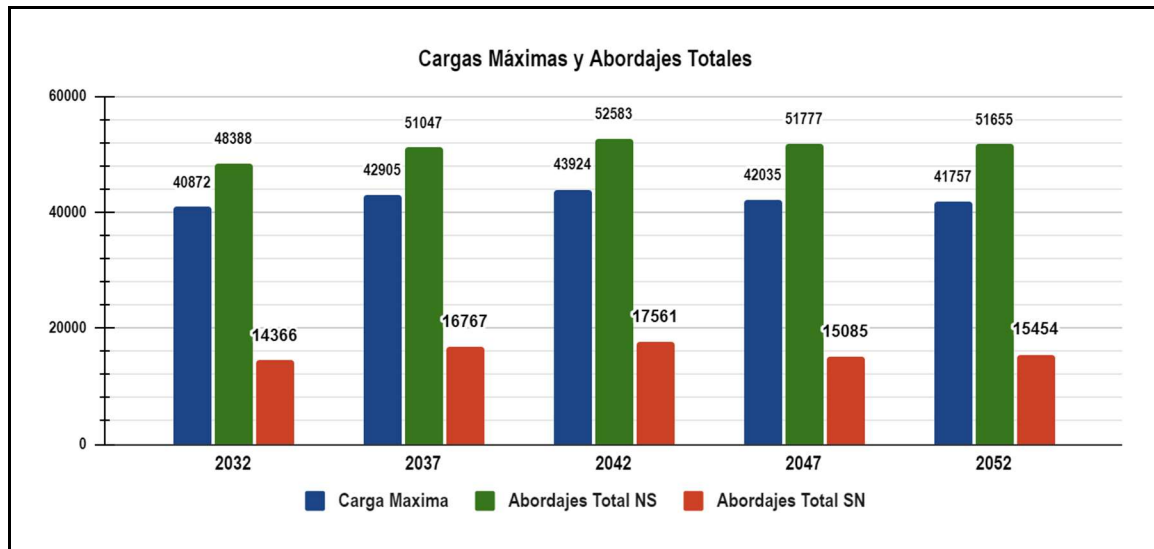


Fuente: MOVIUS

6.4. Cargas máximas

A continuación, se resumen los resultados de cargas máximas obtenidos para cada corte temporal.

Figura 53. Cargas Máximas en los diferentes cortes temporales



Fuente: MOVIUS

Tabla 31. Cargas Máximas en el sentido más cargado (Norte-Sur).

Año	Carga Máxima	Abordajes Total NS
2032	40 872	48 388
2037	42 905	51 047
2042	43 924	52 583
2047	42 035	51 777
2052	41 757	51 655

Fuente: MOVIUS

Según se observa en la tabla anterior, la mayor carga se presenta en el corte temporal 2042, con carga máxima de 43924, con los mayores abordajes totales 52583, en sentido NS. Para los cortes temporales 2047 y 2052, las cargas máximas bajan, atribuible al

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

ingreso de nuevos proyectos de transporte público, especialmente el sistema masivo sobre la Av. Boyacá.

6.5. Matriz de Viajes entre Estaciones

Los viajes producidos y atraídos entre estaciones, estimados en cada escenario se resumen en las siguientes tablas para cada corte temporal.

Tabla 32. Viajes entre estaciones, corte temporal 2032 Hora pico.

Estaciones Origen	Estaciones Destino											Total
	C01 - Calle 72	C02 - NQS	C03 - Av. 68	C04 - Av. Boyacá	C05 - Av. Cali	C06 - Calle 80	C07 - Carrera 91	C08 - Humedal	C09 - ALO Sur	C10 - ALO Norte	C11 - Fontanar	
C01 - Calle 72		392	1911	1854	1045	251	659	287	259	628	604	7888
C02 - NQS	201		33	32	34	24	21	54	65	57	25	546
C03 - Av. 68	1279	288		174	56	18	202	141	179	348	194	2880
C04 - Av. Boyacá	1241	406	282			27	17	28	51	114	33	2197
C05 - Av. Cali	2270	231	361			10	1	74	60	256	45	3308
C06 - Calle 80	1969	100	119	14	0		42	771	1064	1254	597	5929
C07 - Carrera 91	6377	713	1068	0	0	329		8	164	132	32	8824
C08 - Humedal	2201	444	659	17	94	364						3779
C09 - ALO Sur	5774	737	2418	184	281	1036	65	2		0	42	10 539
C10 - ALO Norte	5523	2453	1574	121	271	1307	7	0			1	11 257
C11 - Fontanar	2316	828	809	495	174	737	85	5	24	134		5606

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

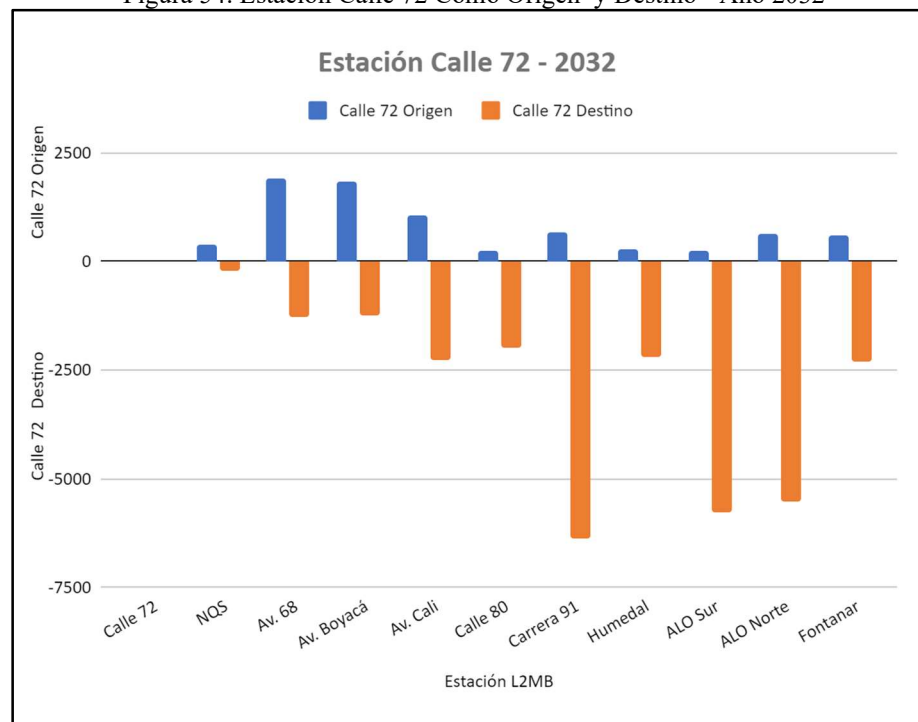
Total	29 151	6591	9233	2889	1956	4103	1099	1369	1867	2923	1572	62 754
--------------	---------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	---------------

Fuente: MOVIUS

Para este corte temporal 2032 se observa que los viajes principalmente se generan desde la estación Carrera 91, Alo Sur, Alo Norte, Fontanar, Av. Cali y su principal destino es la estación calle 72. Igualmente, se observan viajes importantes entre las estaciones Alo Sur y Av 68; y entre las estaciones Alo Norte y Av. NQS; y entre las estaciones de la Calle 72 y Av. 68.

A continuación se presenta, de manera gráfica, la intención de viaje entre estaciones de los usuarios del sistema. Para el año 2032 se presenta la estación que tiene una mayor cantidad de viajes. Las gráficas correspondientes a las otras estaciones se encuentran en el ANEXO Matriz de Viajes Entre Estaciones.

Figura 54. Estación Calle 72 Como Origen y Destino - Año 2032



Fuente: MOVIUS

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Tabla 33. Viajes entre estaciones, corte temporal 2037.Hora Pico

Estaciones Origen	Estaciones Destino											Total
	C01 - Calle 72	C02 - NQS	C03 - Av. 68	C04 - Av. Boyacá	C05 - Av. Cali	C06 - Calle 80	C07 - Carrera 91	C08 - Humedal	C09 - ALO Sur	C10 - ALO Norte	C11 - Fontanar	
C01 - Calle 72		398	2750	2082	1425	591	763	302	293	667	651	9921
C02 - NQS	223		30	27	16	25	19	56	67	61	26	550
C03 - Av. 68	1593	270		183	83	19	201	153	186	375	206	3269
C04 - Av. Boyacá	1610	320	304			29	17	29	52	121	34	2516
C05 - Av. Cali	2955	203	161			10	1	85	64	217	49	3744
C06 - Calle 80	2199	102	135	14	0		44	794	1081	1474	624	6467
C07 - Carrera 91	6,07	651	962	0	0	331		8	164	139	33	9097
C08 - Humedal	2354	442	676	22	124	383						4001
C09 - ALO Sur	6142	735	2307	192	295	1093	68	2		0	42	10 875
C10 - ALO Norte	5616	2462	1629	133	286	1390	9	1			1	11 527
C11 - Fontanar	2483	807	843	501	185	776	86	7	24	134		5846
Total	31 981	6390	9797	3154	2415	4647	1207	1436	1931	3190	1666	67 814

Fuente: MOVIUS

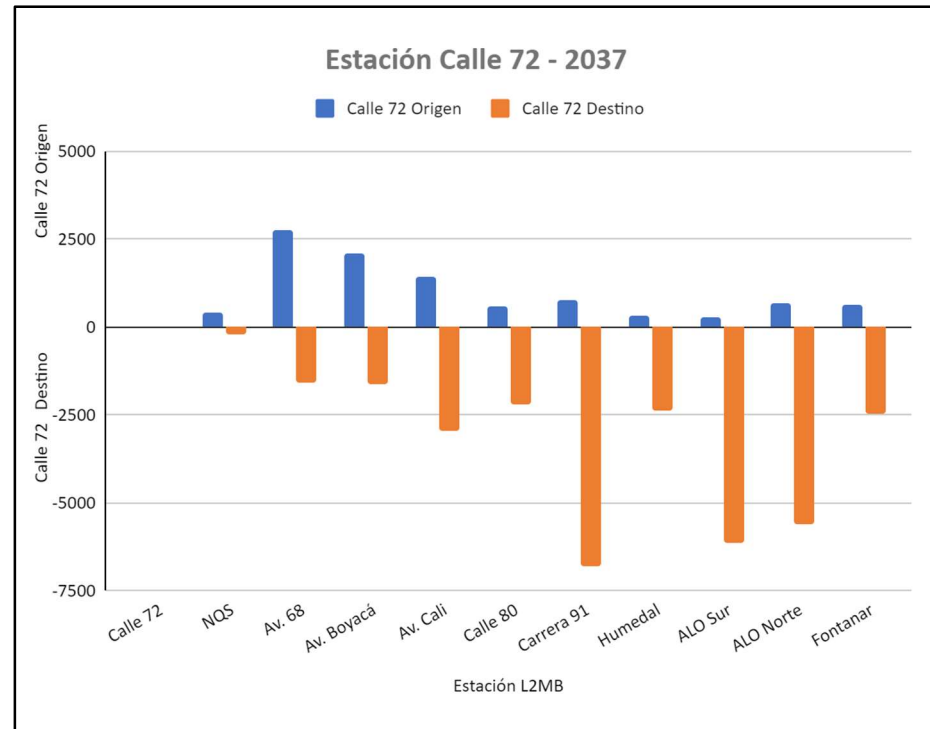
REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Para este corte temporal 2037, se observa un comportamiento similar al corte 2032, con viajes principalmente se generan desde la estación Carrera 91, Alo Sur , Alo Norte, Fontanar y Av. ciudad de Cali su principal destino es la estación calle 72. Igualmente, se observan viajes entre las estaciones Alo Sur y Av 68 y Alo Norte y Av. NQS con volumen similar de viajes del corte 2032; y se observa un aumento entre los viajes entre la estación de la Calle 72 y Av. 68 y Calle 72 con Av. Boyacá.

A continuación se presenta, de manera gráfica, la intención de viaje entre estaciones de los usuarios del sistema. Para el año 2037 se presenta la estación que tiene una mayor cantidad de viajes. Las gráficas correspondientes a las otras estaciones se encuentran en el ANEXO Matriz de Viajes Entre Estaciones.

Figura 55. Estación Calle 72 Como Origen y Destino - Año 2037



Fuente: MOVIUS

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Tabla 34. Viajes entre estaciones, corte temporal 2042.Hora Pico

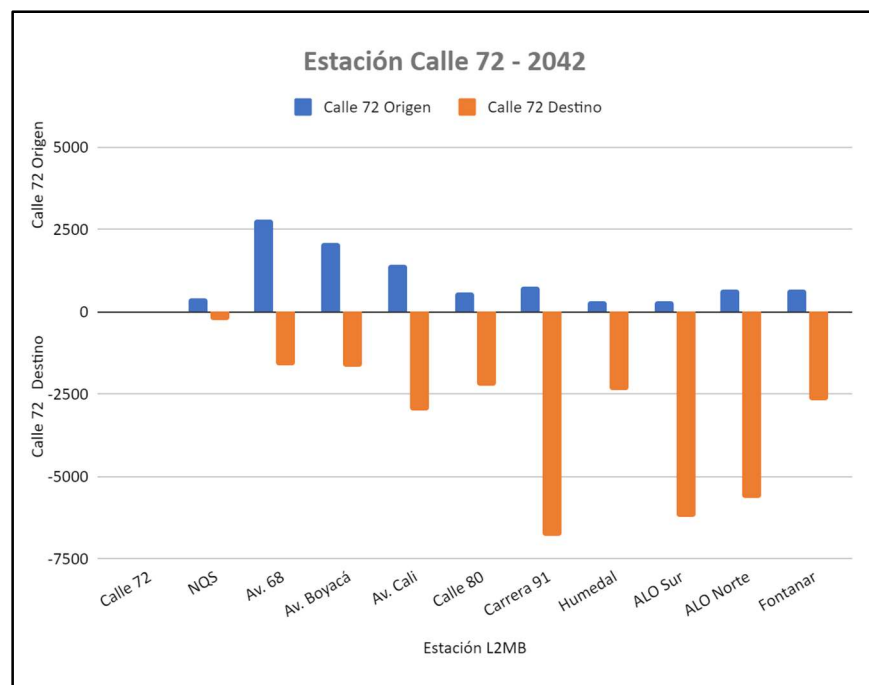
Estaciones Origen	Estaciones Destino											Total
	C01 - Calle 72	C02 - NQS	C03 - Av. 68	C04 - Av. Boyacá	C05 - Av. Cali	C06 - Calle 80	C07 - Carrera 91	C08 - Humedal	C09 - ALO Sur	C10 - ALO Norte	C11 - Fontanar	
C01 - Calle 72		403	2815	2107	1436	603	775	312	301	684	661	10 098
C02 - NQS	231		31	29	17	26	21	59	69	65	29	578
C03 - Av. 68	1636	273		194	89	21	210	165	194	401	217	3399
C04 - Av. Boyacá	1657	328	314			30	17	30	54	130	36	2595
C05 - Av. Cali	2976	209	170			10	1	100	67	245	53	3831
C06 - Calle 80	2251	86	147	14	0		48	820	1199	1745	648	6957
C07 - Carrera 91	6819	664	1162	205	0	334		8	165	144	36	9538
C08 - Humedal	2394	452	703	31	127	404						4113
C09 - ALO Sur	6227	751	2376	197	278	1155	69	2		0	42	11 098
C10 - ALO Norte	5657	2473	1717	147	306	1440	11	1			1	11 753
C11 - Fontanar	2678	815	898	510	196	833	87	8	24	134		6184
Total	32 528	6453	10 332	3435	2451	4855	1239	1504	2073	3549	1723	70 143

Fuente: MOVIUS

Los viajes entre estaciones presentan comportamiento similar al corte temporal anterior con viajes principalmente se generan desde la estación Carrera 91, Alo Sur, Alo Norte, Fontanar y Av. ciudad Cali y su principal destino es la estación calle 72. Viajes entre las estaciones Alo Sur y Av 68 y Alo Norte y Av. NQS con volumen similar de viajes a los cortes anteriores; viajes entre la estación de la Calle 72 y Av. 68 y Calle 72 con Av. Boyacá y se empieza a observar un aumento entre los viajes entre la estación Calle 80 con la ALo Norte.

A continuación se presenta, de manera gráfica, la intención de viaje entre estaciones de los usuarios del sistema. Para el año 2042 se presenta la estación que tiene una mayor cantidad de viajes. Las gráficas correspondientes a las otras estaciones se encuentran en el ANEXO Matriz de Viajes Entre Estaciones.

Figura 56. Estación Calle 72 Como Origen y Destino - Año 2042



Fuente: MOVIUS

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Tabla 35. Viajes entre estaciones, corte temporal 2047 Hora Pico

Estaciones Origen	Estaciones Destino											Total
	C01 - Calle 72	C02 - NQS	C03 - Av. 68	C04 - Av. Boyacá	C05 - Av. Cali	C06 - Calle 80	C07 - Carrera 91	C08 - Humedal	C09 - ALO Sur	C10 - ALO Norte	C11 - Fontanar	
C01 - Calle 72		404	1920	1173	760	398	337	240	256	416	462	6366
C02 - NQS	224		29	167	10	24	72	64	75	78	38	780
C03 - Av. 68	1570	241		375	27	18	79	146	175	307	212	3151
C04 - Av. Boyacá	2409	557	832		103	1	664	226	164	307	356	5618
C05 - Av. Cali	1540	145	155	167		10	0	23	47	105	23	2215
C06 - Calle 80	2421	83	108	146	0		44	801	1190	1687	679	7160
C07 - Carrera 91	6570	636	897	430	0	325		8	164	143	34	9206
C08 - Humedal	2322	405	636	310	66	308						4046
C09 - ALO Sur	6154	739	2223	632	243	1040	69	2		0	42	11 143
C10 - ALO Norte	5803	2361	1115	671	194	859	7	1			1	11 012
C11 - Fontanar	2310	782	832	1111	150	729	86	5	24	134		6165
Total	31 323	6352	8747	5182	1552	3711	1358	1516	2096	3178	1848	66 863

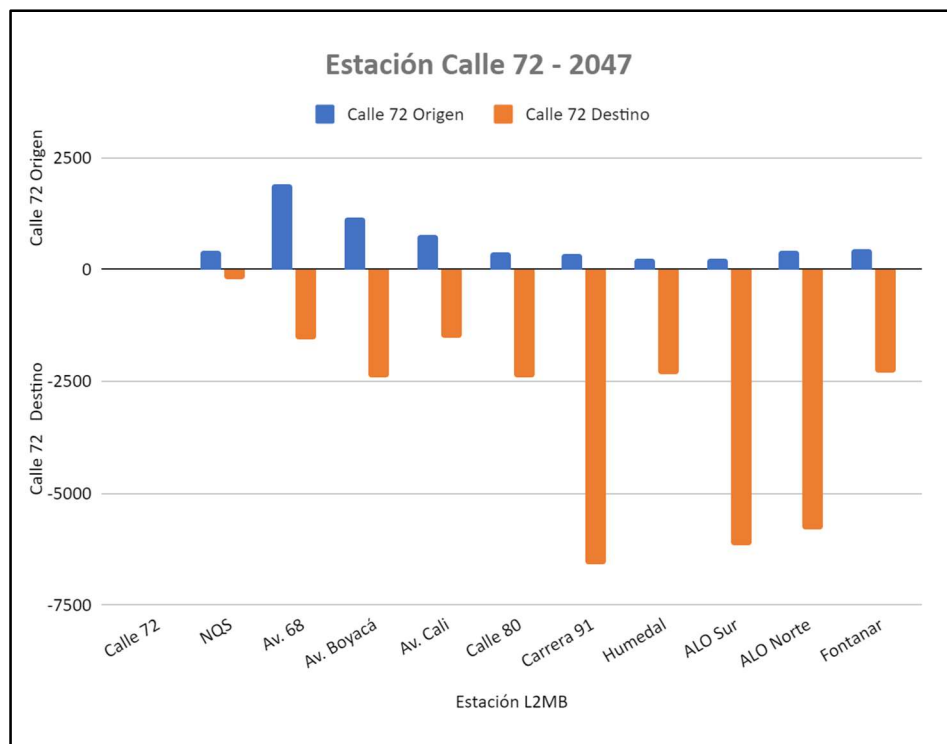
Fuente: MOVIUS

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

A continuación se presenta, de manera gráfica, la intención de viaje entre estaciones de los usuarios del sistema. Para el año 2047 se presenta la estación que tiene una mayor cantidad de viajes. Las gráficas correspondientes a las otras estaciones se encuentran en el ANEXO Matriz de Viajes Entre Estaciones.

Figura 57. Estación Calle 72 Como Origen y Destino - Año 2047



Fuente: MOVIUS

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Tabla 36. Viajes entre estaciones, corte temporal 2052. Hora Pico

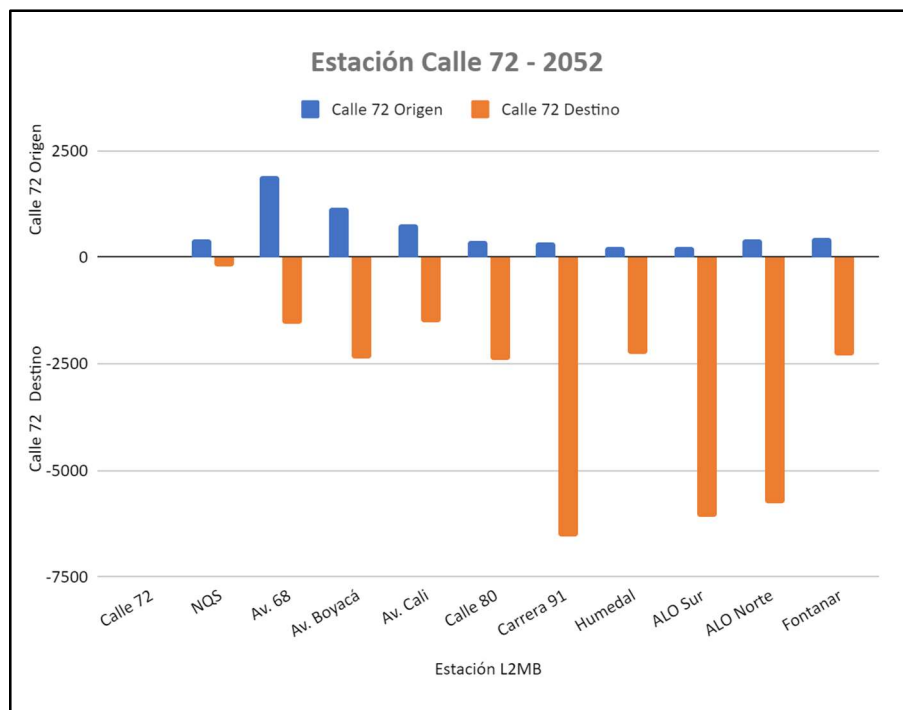
Estaciones Origen	Estaciones Destino											Total
	C01 - Calle 72	C02 - NQS	C03 - Av. 68	C04 - Av. Boyacá	C05 - Av. Cali	C06 - Calle 80	C07 - Carrera 91	C08 - Humed al	C09 - ALO Sur	C10 - ALO Norte	C11 - Fontan ar	
C01 - Calle 72		404	1916	1179	761	399	339	244	258	427	466	6394
C02 - NQS	221		29	173	9	25	73	65	76	81	39	790
C03 - Av. 68	1562	267		388	49	18	84	155	181	330	220	3253
C04 - Av. Boyacá	2386	553	828		103	1	664	227	164	311	358	5595
C05 - Av. Cali	1525	143	153	172		10	0	23	48	111	24	2209
C06 - Calle 80	2412	81	109	146	0		46	811	1222	1854	693	7374
C07 - Carrera 91	6552	631	893	453	0	326		8	164	147	35	9210
C08 - Humedal	2285	396	628	319	65	306						4000
C09 - ALO Sur	6101	727	2212	698	242	1034	70	2		1	42	11 128
C10 - ALO Norte	5777	2352	1115	697	196	860	7	1			1	11 006
C11 - Fontanar	2314	767	817	1138	149	718	87	6	24	134		6153
Total	31 136	6321	8699	5363	1575	3697	1369	1541	2136	3395	1880	67 110

Fuente: MOVIUS

Para los cortes temporales 2047 y 2052 se observa que los viajes continúan, principalmente generando desde la estación Carrera 91, Alo Sur , Alo Norte y Fontanar hacia la Calle 72 y se presenta una disminución desde la Av. Cali hacia calle 72. Se mantiene la misma proporción de viajes entre las estaciones estaciones Alo Sur y Av 68; y entre las estaciones Alo Norte y Av. NQS; y entre las estaciones de la Calle 72 y Av. 68. Hay un aumento de viajes entre la estación Av. Boyacá y Calle 72 y disminución de viajes entre la calle 72 hacia Av. 68 y Av. Boyacá.

A continuación se presenta, de manera gráfica, la intención de viaje entre estaciones de los usuarios del sistema. Para el año 2052 se presenta la estación que tiene una mayor cantidad de viajes. Las gráficas correspondientes a las otras estaciones se encuentran en el ANEXO Matriz de Viajes Entre Estaciones.

Figura 58. Estación Calle 72 Como Origen y Destino – Año 2052



Fuente: MOVIUS



6.6. Análisis de Tiempos de Viaje

Debido a la puesta en operación de nuevos sistemas de transporte y vías en los diferentes cortes temporales, así como el crecimiento poblacional, existirá una variación importante en los tiempos de viaje para todos los modos que estarán presentes en la ciudad y su futura área metropolitana.

6.6.1. Tiempos de Viaje usuarios vehículos privados

Para vehículos privados del modelo se obtuvo el indicador de tiempo de viaje por vehículo (tiempo @Tipo vehículo Estrato), con el fin de identificar el tiempo de viaje de los usuarios de cada tipo de vehículo este se afectó por la ocupación promedio, con los cual se obtuvo el tiempo de viaje de los usuarios de cada tipología vehicular.

Tabla 37. Ocupación promedio por tipo de vehículo privado Hora Pico

Tasa Media de ocupación	Persona/Vehículo
Auto	1,5065
Taxi Ocupado	1,7626
Moto	1,2265
Camión Pequeño	1,0000
Taxi Vacío	1,0000

Fuente: MOVIUS

En la siguiente tabla se muestra el tiempo de viaje de los usuarios por cada tipo de vehículo privado en minutos.

Tabla 38. Tiempos de viaje en Transporte Privado (minutos) Hora Pico

Indicador	Corte Temporal				
	2032	2037	2042	2047	2052
Auto	7 164 354,2	7 560 159,3	7 972 897,5	7 676 939,1	7 854 376,2
Taxi	1 542 283,5	1 600 006,8	1 657 955,0	1 553 003,4	1 572 905,9
Moto	2 009 877,7	2 096 059,0	2 182 057,1	2 043 458,4	2 079 930,2
Camión Pequeño ³	406 159,3	416 233,5	426 815,6	409 037,0	414 888,6
Taxi vacío	644 640,9	658 197,9	672 255,0	634 841,7	638 404,2

Fuente: MOVIUS

En cuanto a los modos privados se tiene un incremento en los tiempos de viaje en casi todos los periodos excepto a 2047. Para Autos se espera un aumento en los tiempos de viaje de alrededor del 5,5% para los periodos 2032-2037 y 2037-2042. En cuanto a las motos se espera en estos mismos periodos un incremento del 4,2% en promedio.

6.6.2. Tiempos de Viaje transporte público

Para el cálculo de Tiempo de viaje total en transporte público (en minutos), se realizó la suma de tiempos de abordaje (actual_total_boarding_times modo), tiempo en vehículo (actual_in_vehicle_times modo) y tiempo de caminata (actual_aux_transit_times modo p) el cual se distribuyó según los abordajes de cada modo.

³ Camión grande se maneja como precarga en el modelo

Tabla 39. Tiempos de Viaje en Transporte Público (minutos) Hora Pico

Indicador	Corte Temporal				
	2032	2037	2042	2047	2052
SITP Troncal	22 994 737,7	22 016 200,8	22 982 661,8	19 775 926,5	20 157 745,8
SITP Zonal	18 713 994,6	18 739 671,1	18 702 810,1	16 710 873,9	16 791 266,3
Regiotram	1 554 041,9	986 480,4	1 040 564,2	1 057 016,5	1 107 172,5
PLMB	5 486 107,4	7 562 814,3	7 770 148,8	12 085 667,0	12 204 092,8
Intermunicipal	1 473 676,3	1 510 884,5	1 605 919,0	1 636 142,6	1 731 837,5

Fuente: MOVIUS

Para el transporte público, se espera que TransMilenio presente una reducción en su tiempo de viaje cercana al 5% entre 2032 y 2052 teniendo su reducción máxima entre 2024 y 2047 con una disminución del 18%. Caso similar ocurriría con el servicio Zonal donde la reducción será de 4,7% en todo el tipo de análisis. En cuanto al metro se tiene que presentaría un incremento en los tiempos de viaje pero se debería es a la puesta en marcha de nuevos proyectos que generarían una mayor cantidad de pasajeros por lo tanto mayores valores de tiempos de viaje.

6.7. Transferencias desde y hacia el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá

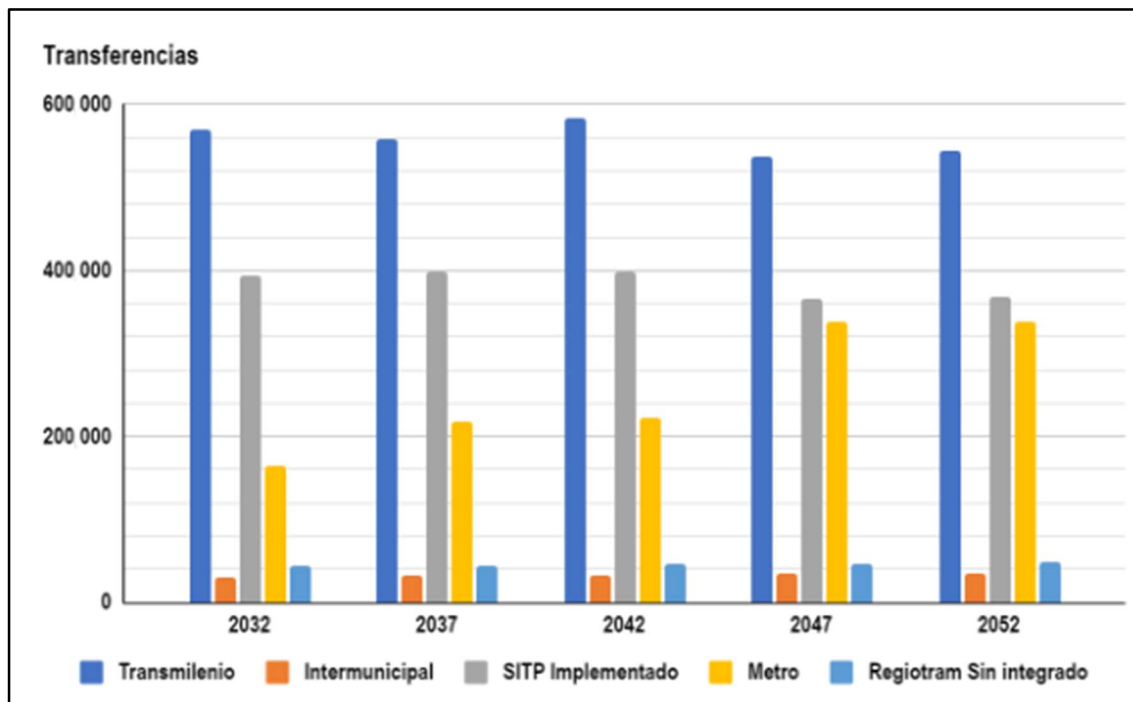
Las transferencias desde y hacia el sistema integrado de transporte público de Bogotá estimadas en cada corte temporal se resumen a continuación.

Tabla 40. Transferencias desde y Hacia el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá Hora Pico

Año	Transmilenio	Intermunicipal	SITP Implementado	Metro	Regiotram Sin integración
2032	569 759	31 301	394 690	165 353	43 307
2037	558 658	31 989	397 278	217 846	44 868
2042	583 414	33 000	398 150	223 358	46 967
2047	537 767	34 000	366 278	337 273	46 443
2052	545 218	35 329	367 385	339 295	47 996

Fuente: MOVIUS

Figura 59. Comparativo de Transferencias desde y Hacia el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá



Fuente: MOVIUS

Como se evidencia en la figura anterior, los usuarios que realizan mayor número de abordajes por transferencia provienen de Transmilenio y SITP. Estos tienen la mayor cantidad (583 414 y 398 150 usuarios respectivamente) en el corte temporal 2042.

Se puede apreciar que para los años 2047 y 2052, las transferencias por usuarios de metro aumentan gracias a la operación de más líneas de metro en la ciudad, por lo tanto se disminuye la demanda proveniente de otros sistemas como SITP y Transmilenio.

6.8. Demanda Expandida

Entendiendo que los resultados de la modelación corresponden a la hora máxima de demanda, es preciso estimar la oferta como la demanda total a nivel diario y anual.

6.8.1. Factores de expansión

6.8.1.1. Componente Troncal y Zonal - Demanda

Factor de hora pico al día. Estimado a partir de información obtenida de datos abiertos de Transmilenio y SITP, correspondiente al año 2019, mes de septiembre, por corresponder al mes típico laboral y estudiantil en promedio anual.

En esta información se reporta en periodos de 15 minutos, por lo que se determinó para la hora pico de modelación (6:30 – 7:30) el factor de expansión promedio utilizando los factores calculados para los días hábiles de todo el mes.

Factor de día al año. Estimado a partir de información tomada de datos abiertos de Transmilenio <https://datosabiertos-transmilenio.hub.arcgis.com/>, con base en información de validaciones (demanda) de pasajeros pagos del sistema, diferenciando los días hábiles totales (incluyendo periodos laborales y vacacionales) de los días hábiles típicos. Para componente troncal se estimó a partir del promedio de los años 2016, 2017, 2018 y 2019 y para el componente zonal utilizando la información del 2019.

6.8.1.2. Componente Troncal y Zonal - Oferta

Factor de hora pico al día. Estimados a partir de información suministrada por Transmilenio, para el componente Troncal, correspondiente a Km programados para HMD y Día, correspondiente a los años 2016, 2017, 2018 y 2019, mes de septiembre.

Factor de día al año. Estimados a partir de información suministrada por Transmilenio, correspondiente a Km programados para Día y Año, correspondiente a los años 2016, 2017, 2018 y 2019 para componente Troncal y 2019 para componente Zonal.

6.8.1.3. Componente Metro - Demanda

Para este componente, aún cuando se analizó información obtenida para la Línea M80 de Medellín, a partir de la cual se pudo estimar factores de expansión de HMD a día (11,50) y de día año (291), no se consideran aplicables para el caso Bogotá, dada las diferentes dinámicas de comportamiento de las dos ciudades.

Teniendo en cuenta lo anterior, para el componente Metro se adoptan los mismos factores del componente Troncal.

6.8.1.4. Componente Metro - Oferta

Factor de de HMD a día y de día a año, estimados a partir del Plan operativo planteado para la L2MB, teniendo en cuenta longitud de recorrido, días de operación en el año, intervalos de operación a lo largo del día y trenes requeridos por intervalo.

En la siguiente tabla se resumen los factores estimados.

Tabla 41. Factores de expansión - Transporte Público

Componente	Demanda		Oferta	
	F. Día	F. Año	F. Día	F. Año
Metro	9,54	298	10,96	328
Troncal	9,54	298	14,30	315
Zonal	11,15	303	16,25	323

Fuente: MOVIUS

6.8.1.5. Factores de Expansión Vehículo privado.

Para el cálculo del factor de expansión día y año para vehículos particulares se ha utilizado información de conteo de dos corredores: Av Ciudad de Cali con Calle 63 y Av Boyacá con Calle 13. Se han identificado los volúmenes en la Hora de Máxima Demanda, diarios y anuales para el cálculo de los factores de expansión. Los datos utilizados corresponden a datos tomados en el año 2018.



Tabla 42. Factor de expansión día

Factores de expansión	Día
Auto	17,89
Moto	22,68
Taxi Ocupado	22,7
Taxi Vacío	22,7
Camion Pequeño	10,95

Fuente: MOVIUS

Tabla 43. Factor de expansión año

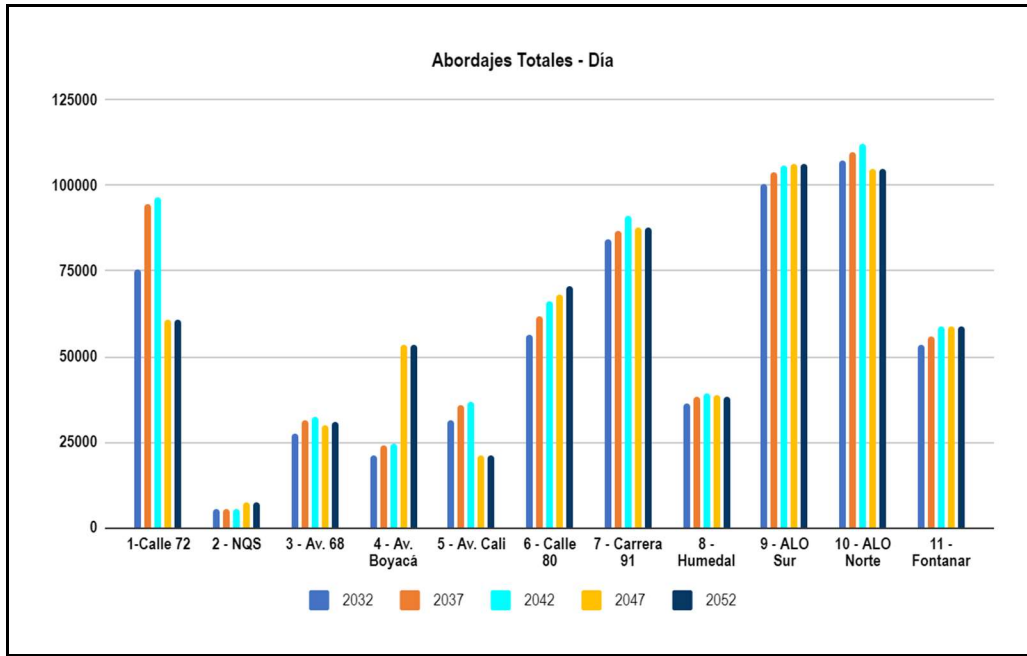
Factores de expansión	Año
Auto	343
Moto	279
Taxi Ocupado	329
Taxi Vacío	329
Camion Pequeño	322

Fuente: MOVIUS

6.8.2. Resultados de Expansión de Demanda

A continuación se presentan los datos expandidos para los diferentes cortes temporales, haciendo un comparativo entre los diferentes cortes temporales de la visión de desarrollo de ciudad , oferta 2 (2032, 2037 y 2042) y oferta 3 (2047 y 2052).

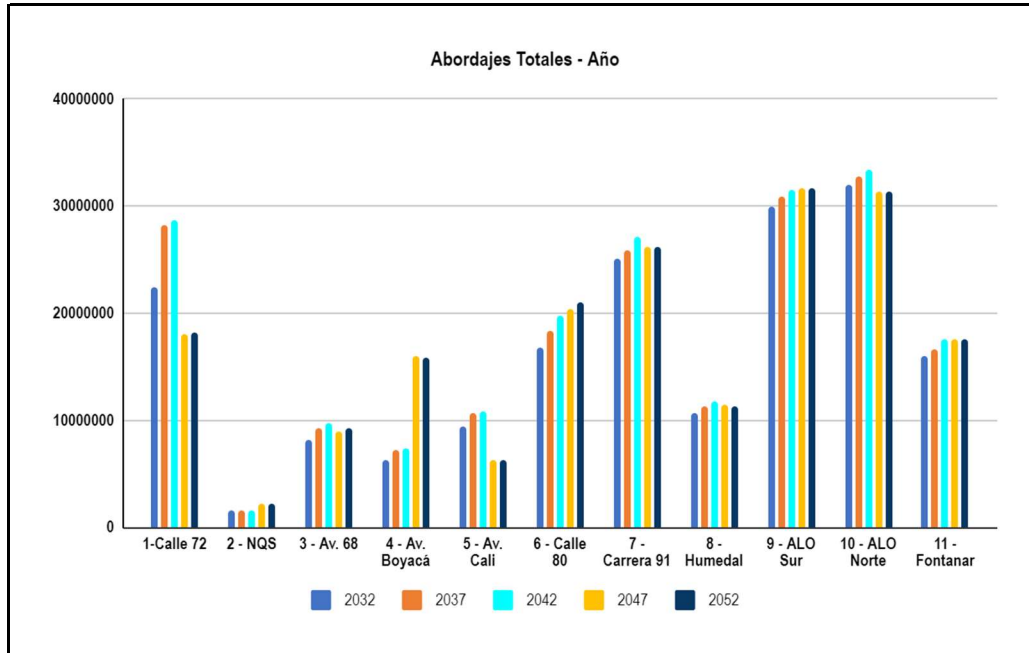
Figura 60. Comparativo de Transferencias desde y Hacia el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá



Fuente: MOVIUS

Como se observa en la gráfica anterior, las estaciones ALO Sur y ALO Norte, presentan la demanda más alta del sistema con valores superiores a los 100 000 abordajes por día en los diferentes cortes temporales analizados.

Figura 61. Abordajes totales en un Año



Fuente: MOVIUS

En cuanto a los abordajes totales presentados expandidos a un año, se observa que de acuerdo a la proporcionalidad y su proyección, las estaciones ALO Sur y ALO Norte presentan la demanda más alta del sistema, con valores superiores a los 30 000 000 de abordajes por año en los diferentes cortes temporales analizados, seguidos por la Estación Carrera 91 y los cortes 2037 y 2042 de la Estación Calle 72, con valores superiores a 25 000 000 de abordajes al año.

6.9. Partición modal del total de viajes en el modelo



A continuación, se presentan los datos de la partición modal para cada uno de los cortes temporales evaluados.

Tabla 44. Partición modal del total de viajes en el modelo

Modo	Año 2019	Año 2032	Año 2037	Año 2042	Año 2047	Año 2052
viajes Auto	152 335	179 829	188 826	197 833	200 360	203 905

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Modo	Año 2019	Año 2032	Año 2037	Año 2042	Año 2047	Año 2052
viajes Moto	123 639	142 886	146 514	149 217	147 271	148 382
viajes Taxi	41 508	44 216	45 396	46 427	45 576	45 933
viajes TPu	587 133	765 198	789 485	807 823	827 540	835 239
Total Viajes	904 616	1 132 129	1 170 222	1 201 300	1 220 747	1 233 460

Fuente: MOVIUS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se observa que el transporte público presenta el mayor número de viajes a futuro en los diferentes cortes temporales modelados, seguido por el automóvil, moto y taxi, respectivamente.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD



6.10. Transferencia Modal entre Estaciones

Las transferencias modales a estaciones del sistema de L2MB se presentan a continuación para cada corte temporal

Tabla 45. Transferencia modal a estaciones de la L2MB Hora Pico

Año	Estación	Transferencias Descensos							Transferencias Abordajes						
		Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB
2032	C01 - Calle 72	3	15 817	5880	1433				35	7333	247				
	C02 - NQS			4660	1090	26					176				
	C03 - Av. 68			5571	721						1468	7			
	C04 - Av. Boyacá				65										
	C05 - Av. Cali				1238							795			
	C06 - Calle 80			3884							3999				
	C07 - Carrera 91				200										
	C08 - Humedal				3							47			
	C09 - ALO Sur				229							3			
	C10 - ALO Norte				1754							973			
	C11 - Fontanar				81							1			
2037	C01 - Calle 72	3	18 813	5790	1350				35	9409	196				
	C02 - NQS			4431	1087	26					140				
	C03 - Av. 68			5,01	867						1530	6			
	C04 - Av. Boyacá				92										
	C05 - Av. Cali				1607							850			
	C06 - Calle 80			4258							4335				

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Año	Estación	Transferencias Descensos							Transferencias Abordajes						
		Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB
	C07 - Carrera 91				185										
	C08 - Humedal				4						59				
	C09 - ALO Sur				238						5				
	C10 - ALO Norte				1907						990				
	C11 - Fontanar				83										
2042	C01 - Calle 72	3	19 201	5853	1398				35	9558	215				
	C02 - NQS			4473	1074	26					150				
	C03 - Av. 68			5771	941						1610				
	C04 - Av. Boyacá				103										
	C05 - Av. Cali				1614							799			
	C06 - Calle 80			4454							4769				
	C07 - Carrera 91				191										
	C08 - Humedal				6							81			
	C09 - ALO Sur				349							6			
	C10 - ALO Norte				2160							1015			
	C11 - Fontanar				86										
2047	C01 - Calle 72	15	17 391	5867	1277				36	5899	146				
	C02 - NQS			4353	947	26					141			77	
	C03 - Av. 68			4956	554						1164	6			
	C04 - Av. Boyacá				22			3276							3963
	C05 - Av. Cali				989							46			
	C06 - Calle 80			3401							4727				

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Año	Estación	Transferencias Descensos							Transferencias Abordajes						
		Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB
	C07 - Carrera 91				183										
	C08 - Humedal										24				
	C09 - ALO Sur				308						1				
	C10 - ALO Norte				1500						170				
	C11 - Fontanar				91										
2052	C01 - Calle 72	15	17 407	5763	1234			36	5917	150					
	C02 - NQS			4342	933	26				144				79	
	C03 - Av. 68			4917	554					1207	6				
	C04 - Av. Boyacá				22			3453							3951
	C05 - Av. Cali				987						45				
	C06 - Calle 80			3385						4943					
	C07 - Carrera 91				185										
	C08 - Humedal											25			
	C09 - ALO Sur				313							1			
	C10 - ALO Norte				1624							199			
	C11 - Fontanar				92										

Fuente: MOVIUS

- Corredor Férreo del Sur (L3MB)
- Transporte masivo Av. Boyacá (L4MB)

En las transferencias por descensos, se observa que en cada corte temporal las mayores transferencias se dan en la estación de la Calle 72 hacia los diferentes modos de transporte, principalmente hacia la PLMB y el sistema de Transmilenio; seguido por las estaciones Av. 68, Av. NQS y Calle 80 con altas transferencias hacia el sistema de Transmilenio. Por otro lado, hacia el componente zonal las mayores transferencias de descenso se dan en las estaciones ALO Norte, Av. Cali, Calle 72 y NQS; en menor proporción se transfieren en las estaciones de Av. 68, Alo Sur y Carrera 91.

De acuerdo con los abordajes, las mayores transferencias se presentan en la estación de la Calle 72 desde la PLMB; las mayores transferencias de ascenso a la L2MB se dan desde Transmilenio en la estación Calle 80, mientras que desde el componente zonal se tienen menos transferencias en comparación con otros modos.

En los cortes temporales 2047 y 2052 se observa el efecto de la L4MB (Transporte masivo Av. Boyacá) con presencia de abordajes en la Estación de Av. Boyacá.

Con el fin de generar los inputs necesarios para el dimensionamiento de las estaciones de la L2MB y sus equipamientos complementarios para el caso de aquellos puntos de mayor transferencia, las siguientes tablas consolidan para cada estación de la L2MB las entradas, salidas y transferencias por cada modo de transporte.

Nota: Los datos que se muestran son solo transferencias desde y hacia la L2MB.

Las siguientes tablas muestran los resultados consolidados para el año 2032.

Nota: Corredor Férreo del Sur (L3MB) - Transporte masivo Av. Boyacá (L4MB)

Tabla 46. Transferencias Desde Hacia - Estación 1/Calle 72 – 2032 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									270	270
Intermunicipal									35	35
PLMB									7 336	7 336
Transmilenio									247	247
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	6 018	3	15 817	5 880	1 433					29 151
Total	6 018	3	15 817	5 880	1 433				7 888	37 039

Fuente: MOVIUS

Tabla 47. Transferencias Desde Hacia - Estación 2/NQS – 2032 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									370	370
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio									176	176
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	815			4 660	1 090	26				6 591
Total	815			4 660	1 090	26			546	7 137

Fuente: MOVIUS

Tabla 48. Transferencias Desde Hacia - Estación 3/AK 68 – 2032 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									1 405	1 405
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio									1 468	1 468
Zonal									7	7
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	2 941			5 571	721					9 233
Total	2 941			5 571	721				2 880	12 113

Fuente: MOVIUS

Tabla 49. Transferencias Desde Hacia - Estación 4/Av. Boyacá – 2032 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									2 197	2 197
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal										
Regiotram										

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
L3MB										
L4MB										
L2MB	2 824				65					2 889
Total	2 824				65				2 197	5 086

Fuente: MOVIUS

Tabla 50. Transferencias Desde Hacia - Estación 5/Av. Cali – 2032 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									2 513	2 513
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									795	795
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	718				1 238					1 956
Total	718				1 238				3 308	5 264

Fuente: MOVIUS

Tabla 51. Transferencias Desde Hacia - Estación 6/AC 80 – 2032 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									1 930	1 930
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio									3 999	3 999
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	219			3 884						4 103
Total	219			3 884					5 929	10 032

Fuente: MOVIUS

Tabla 52. Transferencias Desde Hacia - Estación 7/KR 91 – 2032 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
--	-------	----------------	------	--------------	-------	-----------------	------	------	------	-------

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									8 824	8 824
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	899				200					1 099
Total	899				200				8 824	9 923

Fuente: MOVIUS

Tabla 53. Transferencias Desde Hacia - Estación 8/Humedal – 2032 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									3 732	3 732
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									47	47
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 366				3					1 369
Total	1 366				3				3 779	5 148

Fuente: MOVIUS

Tabla 54. Transferencias Desde Hacia - Estación 9/ALO Sur – 2032 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									10 536	10 536
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									3	3
Regiotram										
L3MB										
L4MB										

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
L2MB	1 636				231					1 867
Total	1 636				231				10 539	12 406

Fuente: MOVIUS

Tabla 55. Transferencias Desde Hacia - Estación 10/ALO Norte – 2032 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									10 284	10 284
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									973	973
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 169				1 754					2 923
Total	1 169				1 754				11 257	14 180

Fuente: MOVIUS

Tabla 56. Transferencias Desde Hacia - Estación 11/Fontanar – 2032 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									5 605	5 605
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									1	1
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 491				81					1 572
Total	1 491				81				5 606	7 178

Fuente: MOVIUS

Las siguientes tablas muestran los resultados consolidados para el año 2042.

Tabla 57. Transferencias Desde Hacia - Estación 1/Calle 72 – 2042Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									287	287
Intermunicipal									35	35
PLMB									9 561	9 561
Transmilenio									215	215
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	6 073	3	19 201	5 853	1 398					32 528
Total	6 073	3	19 201	5 853	1 398				10 098	42 626

Fuente: MOVIUS

Tabla 58. Transferencias Desde Hacia - Estación 2/NQS – 2042 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									428	428
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio									150	150
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	881			4 473	1 074	26				6 454
Total	881			4 473	1 074	26			578	7 032

Fuente: MOVIUS

Tabla 59. Transferencias Desde Hacia - Estación 3/AK 68 – 2042 Hora pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									1 788	1 788
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio									1 611	1 611
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
L2MB	3 620			5 771	941					10 332
Total	3 620			5 771	941				3 399	13 731

Fuente: MOVIUS

Tabla 60. Transferencias Desde Hacia - Estación 4/Av. Boyacá – 2042 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									2 595	2 595
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	3 332				103					3 435
Total	3 332				103				2 595	6 030

Fuente: MOVIUS

Tabla 61. Transferencias Desde Hacia - Estación 5/Av. Cali – 2042 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									3 032	3 032
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									799	799
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	837				1 614					2 451
Total	837				1 614				3 831	6 282

Fuente: MOVIUS

Tabla 62. Transferencias Desde Hacia - Estación 6/AC 80 – 2042 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									2 188	2 188
Intermunicipal										

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
PLMB										
Transmilenio									4 769	4 769
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	402			4 454						4 856
Total	402			4 454					6 957	11 813

Fuente: MOVIUS

Tabla 63. Transferencias Desde Hacia - Estación 7/KR 91 – 2042 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									9 538	9 538
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 048				191					1 239
Total	1 048				191				9 538	10 777

Fuente: MOVIUS

Tabla 64. Transferencias Desde Hacia - Estación 8/Humedal – 2042 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									4 032	4 032
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									81	81
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 498				6					1 504
Total	1 498				6				4 113	5 617

Fuente: MOVIUS

Tabla 65. Transferencias Desde Hacia - Estación 9/ALO Sur – 2042 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									11 091	11 091
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									6	6
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 722				351					2 073
Total	1 722				351				11 097	13 170

Fuente: MOVIUS

Tabla 66. Transferencias Desde Hacia - Estación 10/ALO Norte – 2042 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									10 738	10 738
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									1 015	1 015
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 389				2 160					3 549
Total	1 389				2 160				11 753	15 302

Fuente: MOVIUS

Tabla 67. Transferencias Desde Hacia - Estación 11/Fontanar – 2042 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									6 184	6 184
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal										
Regiotram										

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
m										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 637				86					1 723
Total	1 637				86				6 184	7 907

Fuente: MOVIUS

Las siguientes tablas muestran los resultados consolidados para el año 2052.

Tabla 68. Transferencias Desde Hacia - Estación 1/Calle 72 – 2052 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									286	286
Intermunicipal									37	37
PLMB									5 920	5 920
Transmilenio									151	151
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	6 717	15	17 407	5 763	1 234					31 136
Total	6 717	15	17 407	5 763	1 234				6 394	37 530

Fuente: MOVIUS

Tabla 69. Transferencias Desde Hacia - Estación 2/NQS – 2052 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									567	567
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio									144	144
Zonal										
Regiotram										
L3MB									79	79
L4MB										
L2MB	1 020			4 342	933	26				6 321
Total	1 020			4 342	933	26			790	7 111

Fuente: MOVIUS

Tabla 70. Transferencias Desde Hacia - Estación 3/AK 68 – 2052 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									2 040	2 040
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio									1 207	1 207
Zonal									6	6
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	3 228			4 917	554					8 699
Total	3 228			4 917	554				3 253	11 952

Fuente: MOVIUS

Tabla 71. Transferencias Desde Hacia - Estación 4/Av. Boyacá – 2052 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									1 643	1 643
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB									3 951	3 951
L2MB	1 887				22			3 453		5 362
Total	1 887				22			3 453	5 594	10 956

Fuente: MOVIUS

Tabla 72. Transferencias Desde Hacia - Estación 5/Av. Cali – 2052 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									2 163	2 163
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									45	45
Regiotram										

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
L3MB										
L4MB										
L2MB	588				987					1 575
Total	588				987				2 208	3 783

Fuente: MOVIUS

Tabla 73. Transferencias Desde Hacia - Estación 6/AC 80 – 2052 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									2 430	2 430
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio									4 943	4 943
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	312			3 385						3 697
Total	312			3 385					7 373	11 070

Fuente: MOVIUS

Tabla 74. Transferencias Desde Hacia - Estación 7/KR 91 – 2052 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									9 210	9 210
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 184				185					1 369
Total	1 184				185				9 210	10 579

Fuente: MOVIUS

Tabla 75. Transferencias Desde Hacia - Estación 8/Humedal – 2052 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									3 975	3 975

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									25	25
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 541									1 541
Total	1 541								4 000	5 541

Fuente: MOVIUS

Tabla 76. Transferencias Desde Hacia - Estación 9/ALO Sur – 2052 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									11 127	11 127
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									1	1
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 823				313					2 136
Total	1 823				313				11 128	13 264

Fuente: MOVIUS

Tabla 77. Transferencias Desde Hacia - Estación 10/ALO Norte – 2052 Hora Pico

	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									10 807	10 807
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal									199	199
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 771				1 624					3 395
Total	1 771				1 624				11 006	14 401

Fuente: MOVIUS

Tabla 78. Transferencias Desde Hacia - Estación 11/Fontanar – 2052 Hora Pico

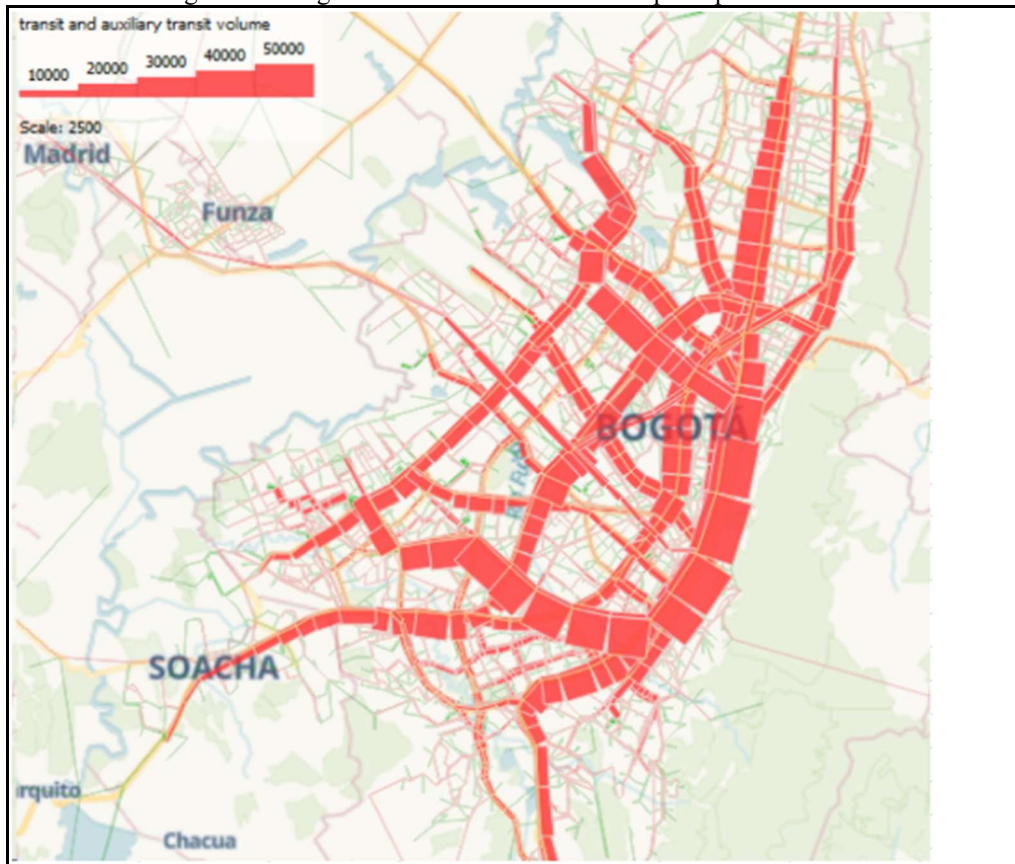
	A Pie	Intermunicipal	PLMB	Transmilenio	Zonal	Regiotram Norte	L3MB	L4MB	L2MB	Total
A Pie									6 153	6 153
Intermunicipal										
PLMB										
Transmilenio										
Zonal										
Regiotram										
L3MB										
L4MB										
L2MB	1 787				92					1 879
Total	1 787				92				6 153	8 032

Fuente: MOVIUS

6.11. Carga de otros corredores de transporte público

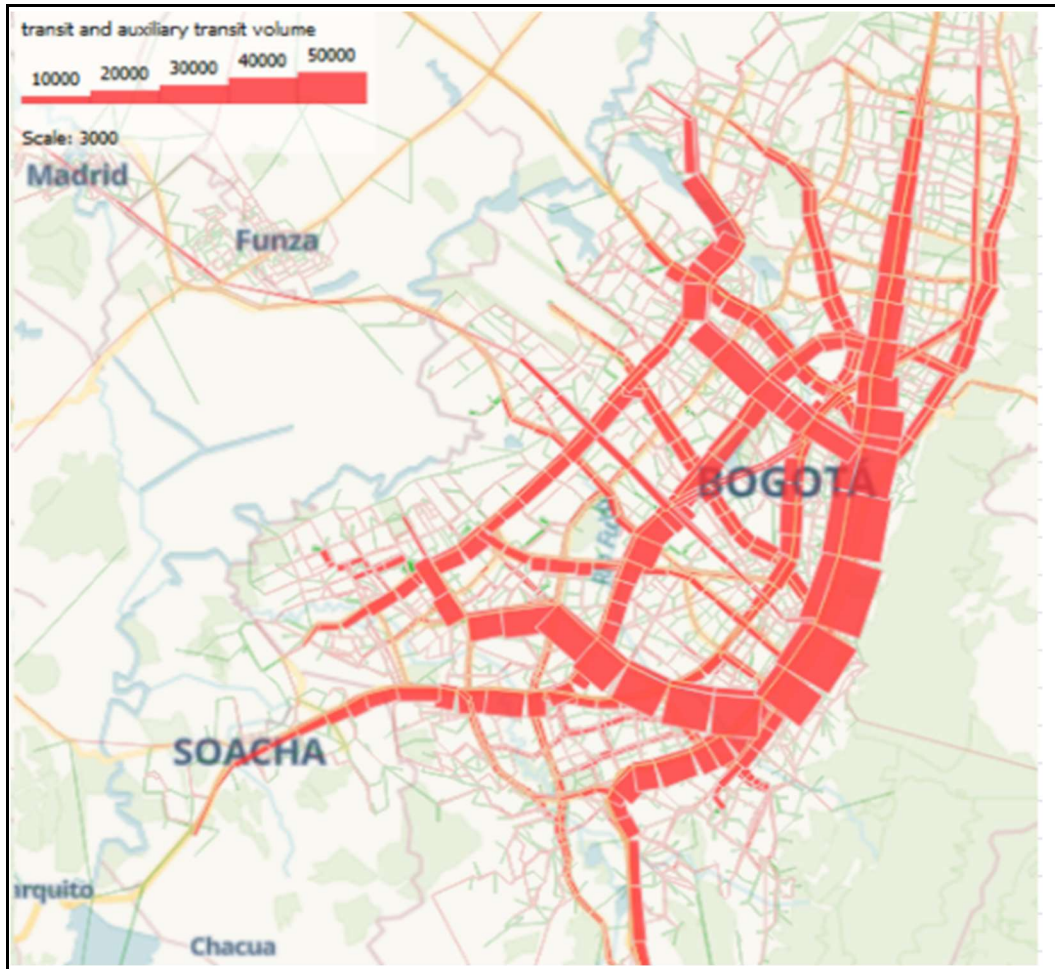
En las siguientes figuras se presentan, para todos los cortes temporales las cargas de todos los corredores de transporte público

Figura 62. Cargas de otros corredores de transporte público - 2032



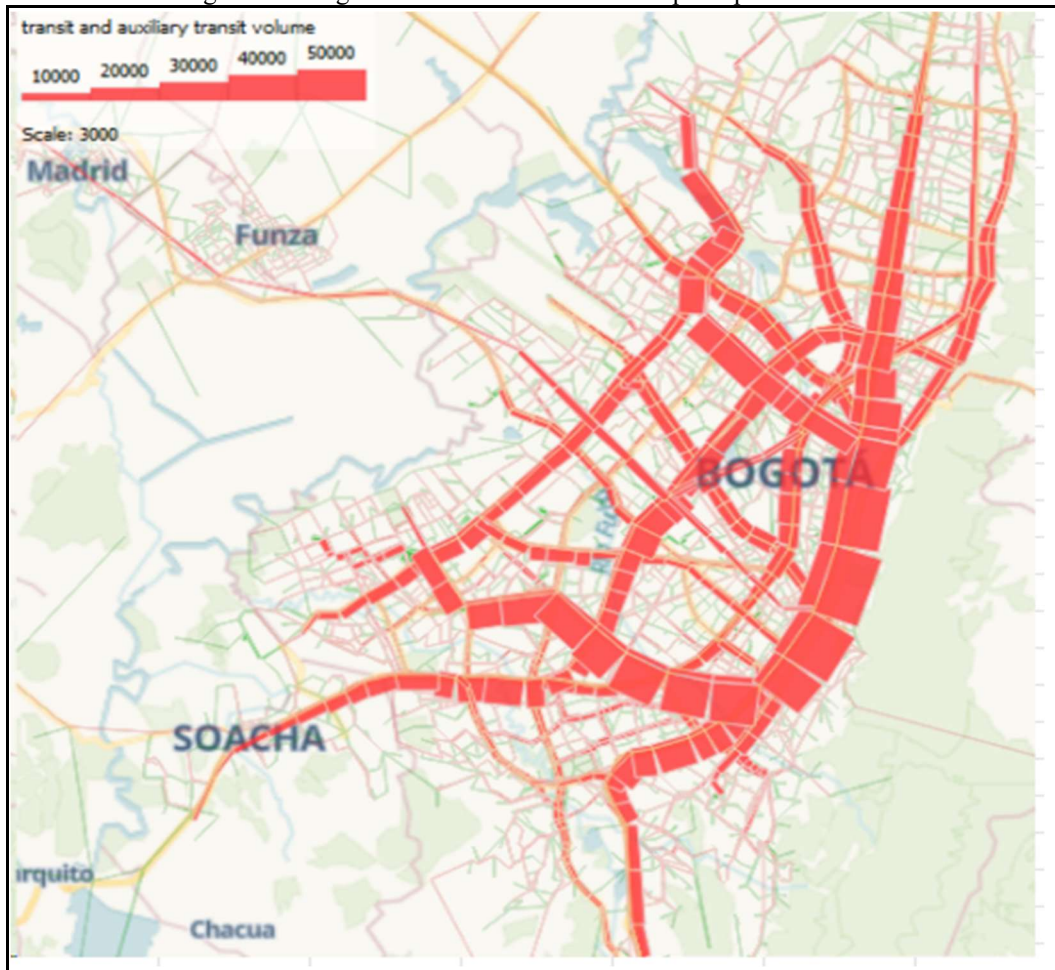
Fuente: MOVIUS

Figura 63. Cargas de otros corredores de transporte público - 2037



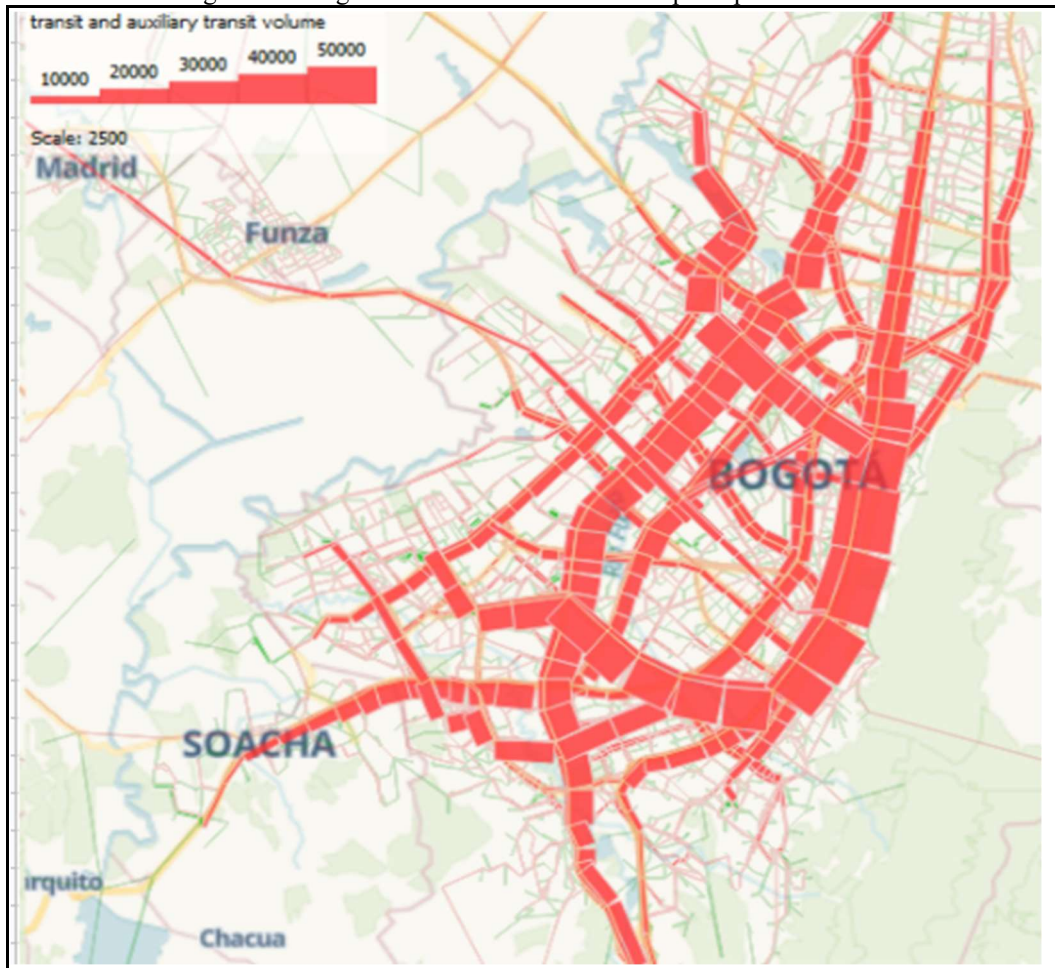
Fuente: MOVIUS

Figura 64. Cargas de otros corredores de transporte público - 2042



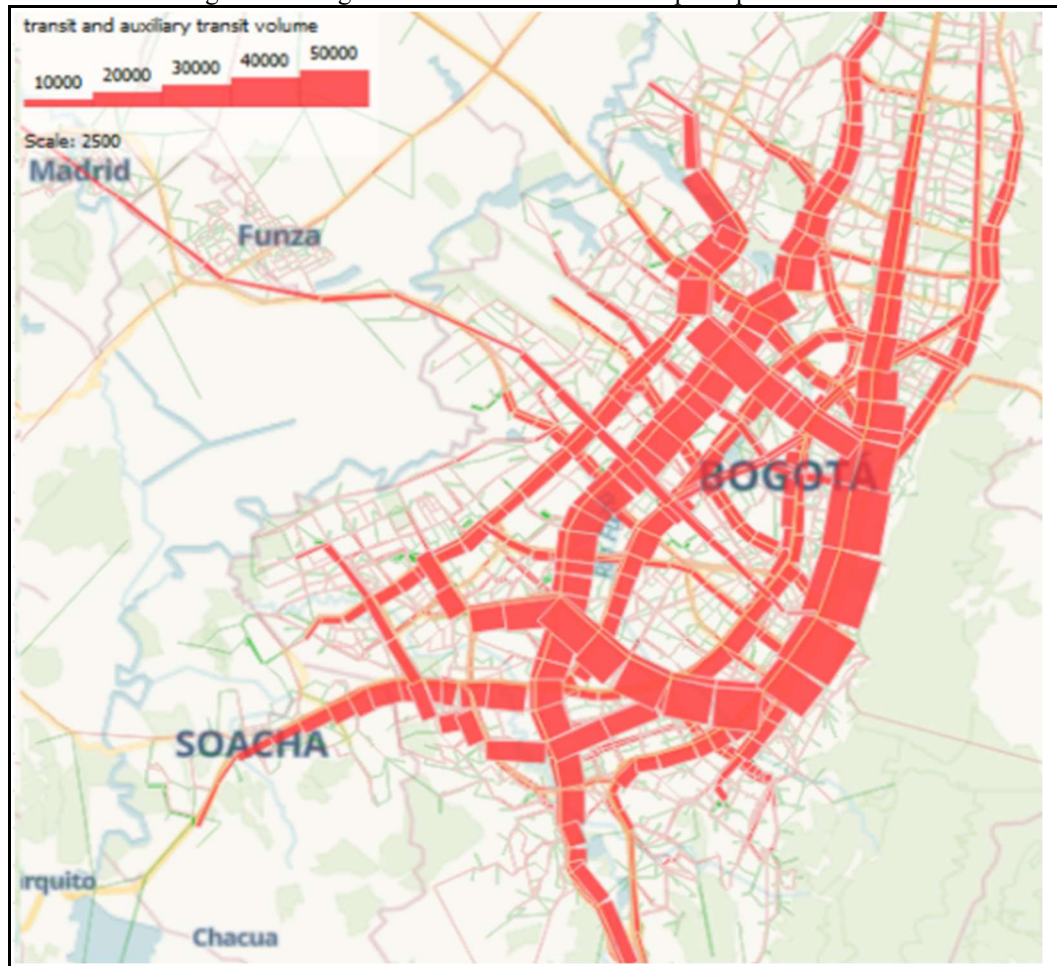
Fuente: MOVIUS

Figura 65. Cargas de otros corredores de transporte público - 2047



Fuente: MOVIUS

Figura 66. Cargas de otros corredores de transporte público - 2052



Fuente: MOVIUS

De acuerdo con lo observado en las gráficas anteriores se puede evidenciar que el proyecto del Metro de Bogotá al principio cuando entra en operación tiene una carga considerable y en aumento, hasta el año 2042, sin embargo, a medida que transcurre el tiempo esta carga presenta una leve disminución debido a que en años posteriores (2047 y 2052) entran en operación otros proyectos, tanto de transporte público como privado. Esta dinámica es completamente esperable ya que en el modelo de selección modal los usuarios simulados de la red de transporte deciden la forma y los modos en los que van a hacer sus viajes, a partir de la disponibilidad y los costos de cada uno, por ende, al tener una oferta superior la carga tiende a redistribuirse en las opciones de transporte presentes.

6.12. Escenario COVID

El contenido de este capítulo fue realizado en su totalidad a partir de información de la SDM .

6.12.1. Análisis Teórico: Contexto de la Pandemia por COVID 19

6.12.1.1. Análisis Inicial

La pandemia por COVID-19 ha afectado a todo el planeta y las medidas de prevención ha pasado por las siguientes etapas:

- Cuarentenas de la mayoría de las personas y cierre de actividades económicas no esenciales;
- Distanciamiento social de 1,5 a 2 m entre personas;
- Protección facial y cubre-boca.

Estas medidas se han dado, mientras se desarrolla una vacuna contra el COVID-19.

Sin embargo, la cuarentena de las personas y el cierre de actividades económicas no esenciales se fue levantando paulatinamente. Por otro lado, una parálisis inicial severa de las actividades económicas ha generado que muchas empresas pequeñas y medianas hayan sufrido reconversión forzada de su actividad y en otros casos el cierre, esta situación puede haber reducido la cantidad de personas con empleos y forzado en otros casos a la informalidad.

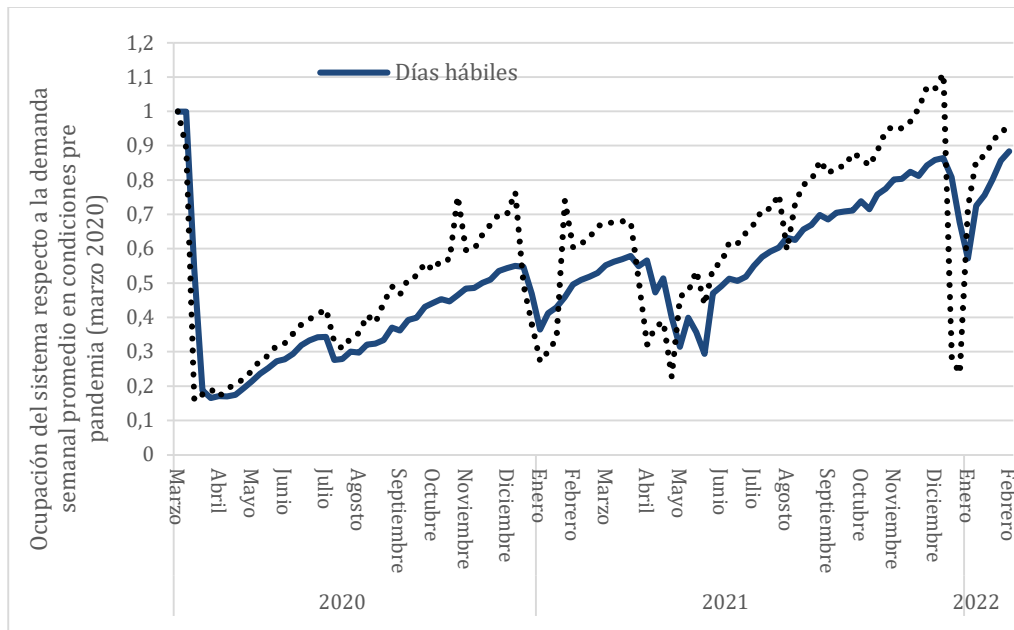
Como se ha mencionado, la movilidad es una demanda derivada de las actividades de las personas, la movilidad ha sido afectada de manera importante durante la época de cierres y cuarentenas obligadas.

6.12.1.1.1. Análisis del impacto de la pandemia covid-19 en la movilidad y su evolución área de Cundinamarca

Se realizó un ejercicio de monitoreo y proyección de la demanda del SITP, con el fin de determinar el impacto de la pandemia generada por el COVID 19 en ella. Para esto se ejecutó un monitoreo semanal de la demanda a partir del registro de validaciones de los subsistemas troncal y zonal, lo que permitió observar la caída en la demanda y la tendencia de recuperación de acuerdo con las restricciones a la circulación impuestas como mitigación de la pandemia . Según esta información, a corte de febrero de 2022 la demanda promedio semanal del SITP fue igual al 86% de la demanda promedio observada en condiciones anteriores a la pandemia en las dos primeras semanas de marzo 2020. Este comportamiento atípico en termino de validaciones del SITP registrado en 2020, 2021 y 2022, incide en la definición del año base de modelación 2019, por lo anterior la

calibración se realizó para este año antes de pandemia, con la limitante en temas de información disponible para calibrar cada uno de los modos de transporte en 2019.

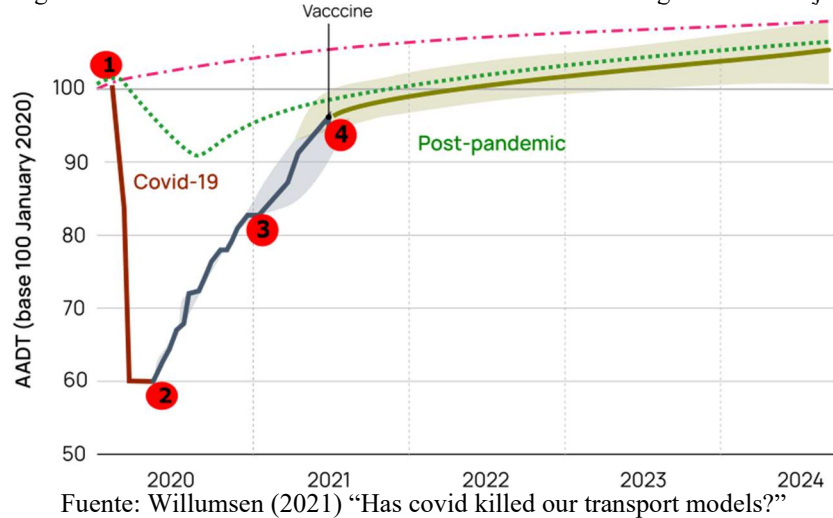
Figura 67. Nivel de ocupación del sistema respecto al nivel de referencia antes de la pandemia



Fuente: SDM, 2022

Además, con los datos de validaciones se realizó una proyección de la demanda considerando la tendencia de recuperación de los viajes producto de la reactivación. Para este fin se estimó un modelo de demanda de tipo regresión lineal múltiple por medio de métodos de mínimos cuadrados ordinarios (OLS por sus siglas en inglés). Los supuestos de la calibración del modelo se basaron en lo resaltado por Willumsen (2021), quien comenta que la efectividad de las vacunas y procesos de inmunización puede conllevar una “nueva normalidad” en la cual la demanda de los sistemas de transporte recupera su tendencia pre-pandemia. Sin embargo, cambios socioeconómicos y comportamentales producidos por la pandemia generan cierta incertidumbre en la proyección de esta tendencia.

Figura 68. Efectos de COVID Cambios en la movilidad - Lugares de Trabajo



Considerando lo anterior se calibró el modelo en el cual la variable dependiente es el número de validaciones en el mes en los subsistemas troncal y zonal por UPZ. Esto quiere decir que se estiman coeficientes específicos por cada zona, lo cual permite capturar la heterogeneidad espacial en las proyecciones de demanda. Se probaron distintas variables socioeconómicas como variables independientes y se evaluaron los resultados de la estimación según congruencia de los signos, significancia estadística y bondad de ajuste. La especificación final incluye las variables desempleo obtenidas del DANE, el precio de la gasolina según el histórico del Ministerio de Energía, y las validaciones del mes anterior más una constante específica de cada zona. Se probaron otras variables como por ejemplo el PIB, pero fueron descartadas ya que su correlación con la tasa de desempleo conlleva problemas de identificación. La siguiente tabla contiene el promedio de los coeficientes estimados, así como de las pruebas t-student correspondientes, y del coeficiente de determinación R2 para cada modelo por zona.

Tabla 79. Resultados promedio modelo lineal

Parámetro	Troncal		Zonal	
	Coefficiente	t-test	Coefficiente	t-test
Constante	6.4E+05	3.23	4.9E+04	0.48
Validaciones mes anterior	5.4E-01	9.79	5.4E-01	4.54
Desempleo	-3.2E+04	-5.85	-7.2E+03	-2.13
Gasolina	2.3E+01	1.45	1.9E+01	1.12
R2	0.785		0.746	

Fuente: Willumsen (2021) “Has covid killed our transport models?”

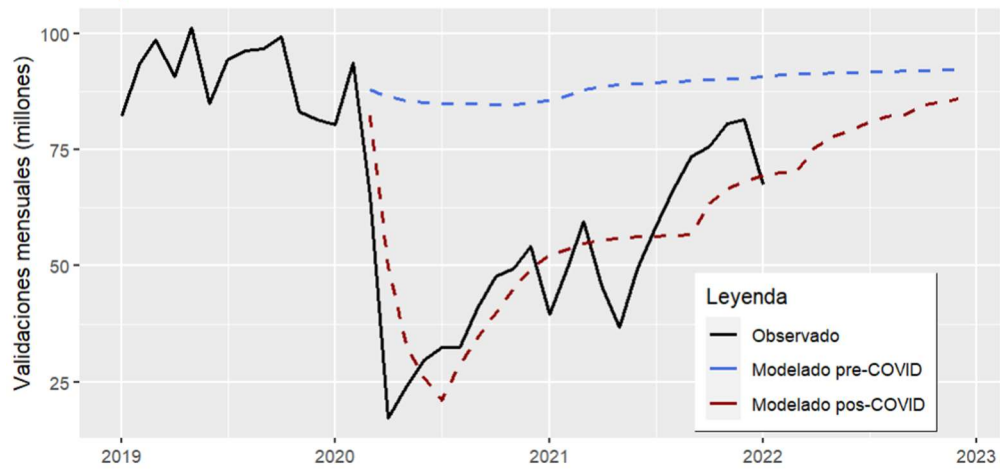
Una vez estimado el modelo se implementó para calcular las proyecciones de demanda. Tal como se muestra en la figura siguiente, se realizó una proyección del escenario pre-COVID, el cual corresponde al contrafactual en el cual no hubo pandemia, y un escenario de recuperación tendencial pos-COVID hasta el periodo de análisis (2057). En el primer caso, las variables explicativas se proyectaron según las tasas observadas en los últimos años, mientras que en el segundo escenario las proyecciones, a corto plazo, del desempleo se tomaron del Informe de Política Monetaria de Banco de la República, y el precio de la gasolina del Sistema de Información de Petróleo y Gas Colombiano (SIPG). En el largo plazo, se utilizan las tasas promedio observadas en los últimos años.

Los resultados de las proyecciones se presentan en la siguiente figura, donde se observa que para el año 2023 se espera que la demanda del sistema recupere niveles cercanos en el escenario pre-COVID. Además, los resultados sugieren que para el año 2025, los factores de ajuste promedio de la demanda por UTAM son del 95%. Teniendo en cuenta esta situación, se considera que para el periodo de análisis del presente proyecto no se requieren mayores ajustes a la demanda por afectación de la pandemia, ya que el ejercicio de modelación propuesto indicó que en caso de que se mantengan las tasas de recuperación actuales, el impacto sobre la demanda del sistema es bajo.

Figura 69 Proyección demanda mensual SITP

Validaciones mensuales SITP 2019-2022

Proyección modelada vs validaciones observadas



Fuente:SDM; 2022.

7. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Este análisis busca conocer el comportamiento de la demanda en cada una de las estaciones de la línea de acuerdo a ciertas variables que pueden o no incidir en cambios significativos en la cantidad de pasajeros.

Para el desarrollo del análisis de sensibilidad se definió junto con EMB, que se realizarán sobre los la Visión 3 de crecimiento de ciudad y Escenarios de Oferta desarrollados para el Aval Técnico y cortes temporales que se mencionan a continuación.

- Año 2032 – Oferta 2
- Año 2042– Oferta 2^a
- Año 2052 – Oferta 3

Las Variables sobre las que se desarrollan las sensibilidades son:

Tiempo de acceso a estaciones. Cambio en los tiempos de acceso a las estaciones de la L2MB en -1.5 min y +1.5 min sobre el tiempo actual reportado por el modelo de transporte (4.0 min). Esta sensibilidad se realiza a través del atributo de nodo @marct de la Línea 2 del Metro , por medio del cual se ajusta el valor en el atributo de link @ auxcst. Esto es, se considera un auxcst = 2,5 min y un auxcst = 5,5 min.

Penalidad de Transferencia. Esta sensibilidad considera una afectación del - 20% y + 20% sobre las penalidades de transbordo a la Línea 2 de Metro, para lo cual se afecta la variable “TrM” la cual está dada en minutos (valor inicial 6.88 min) Esta penalidad se aplica a todas las transferencias del modo, independientemente de la línea de metro.

A continuación, se presentan los resultados principales:

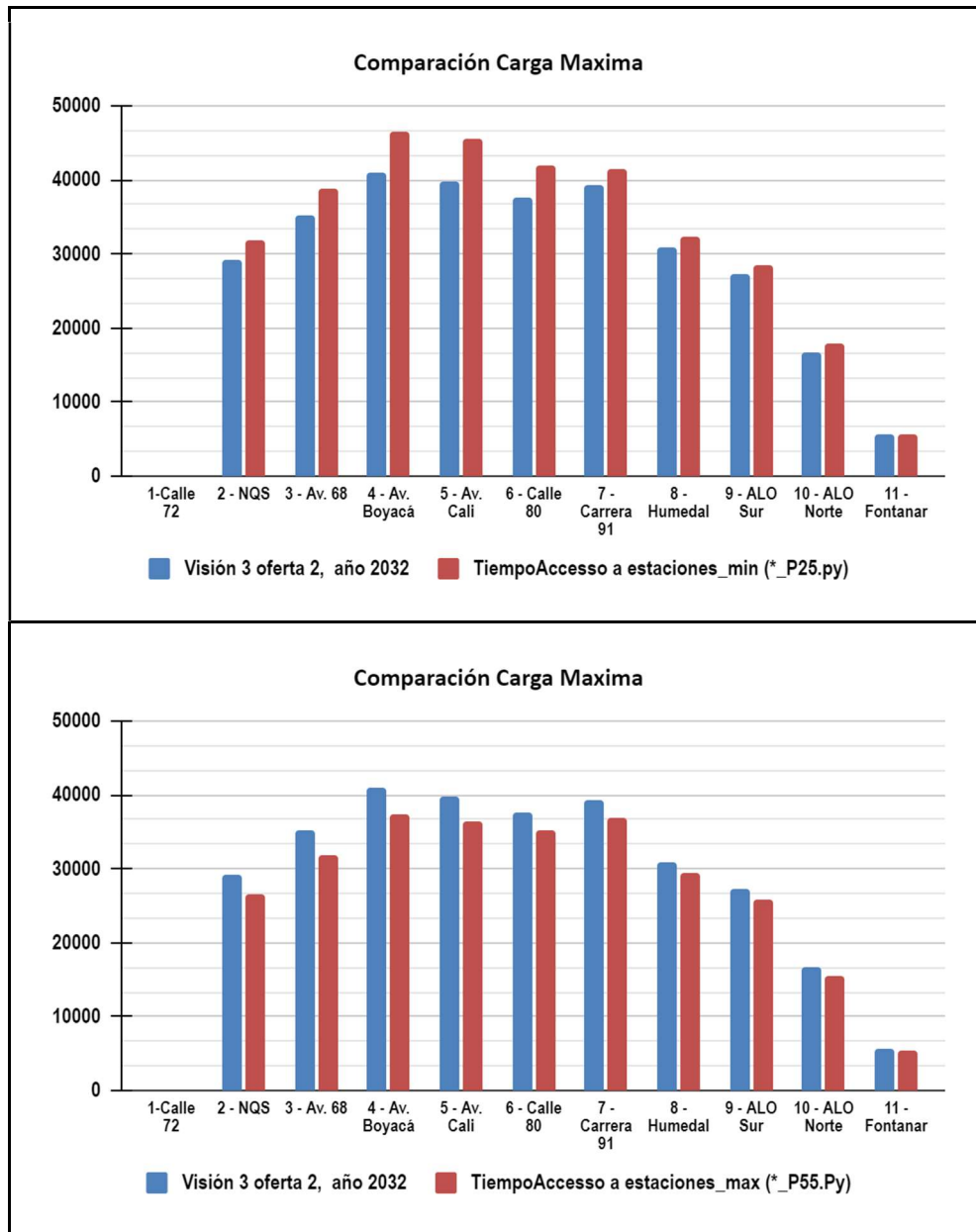
7.1. Tiempo de acceso a estaciones

En los siguientes numerales se muestra, se presentan en cada corte temporal , las variaciones que se presentan en las sensibilidades por tiempo de acceso a estaciones

7.1.1. Sensibilidad tiempo de acceso a estaciones corte temporal 2032

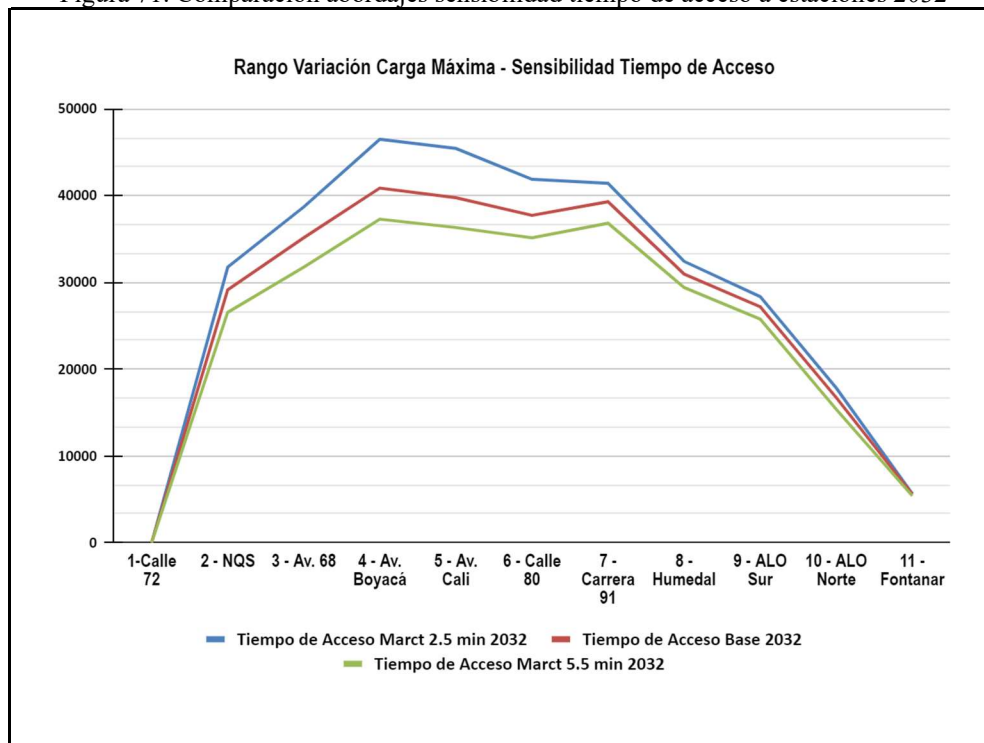
En las siguientes figuras se muestra el tiempo de acceso a estaciones para el año 2032.

Figura 70. Comparación carga máxima sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2032



Fuente: MOVIUS

Figura 71. Comparación abordajes sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2032



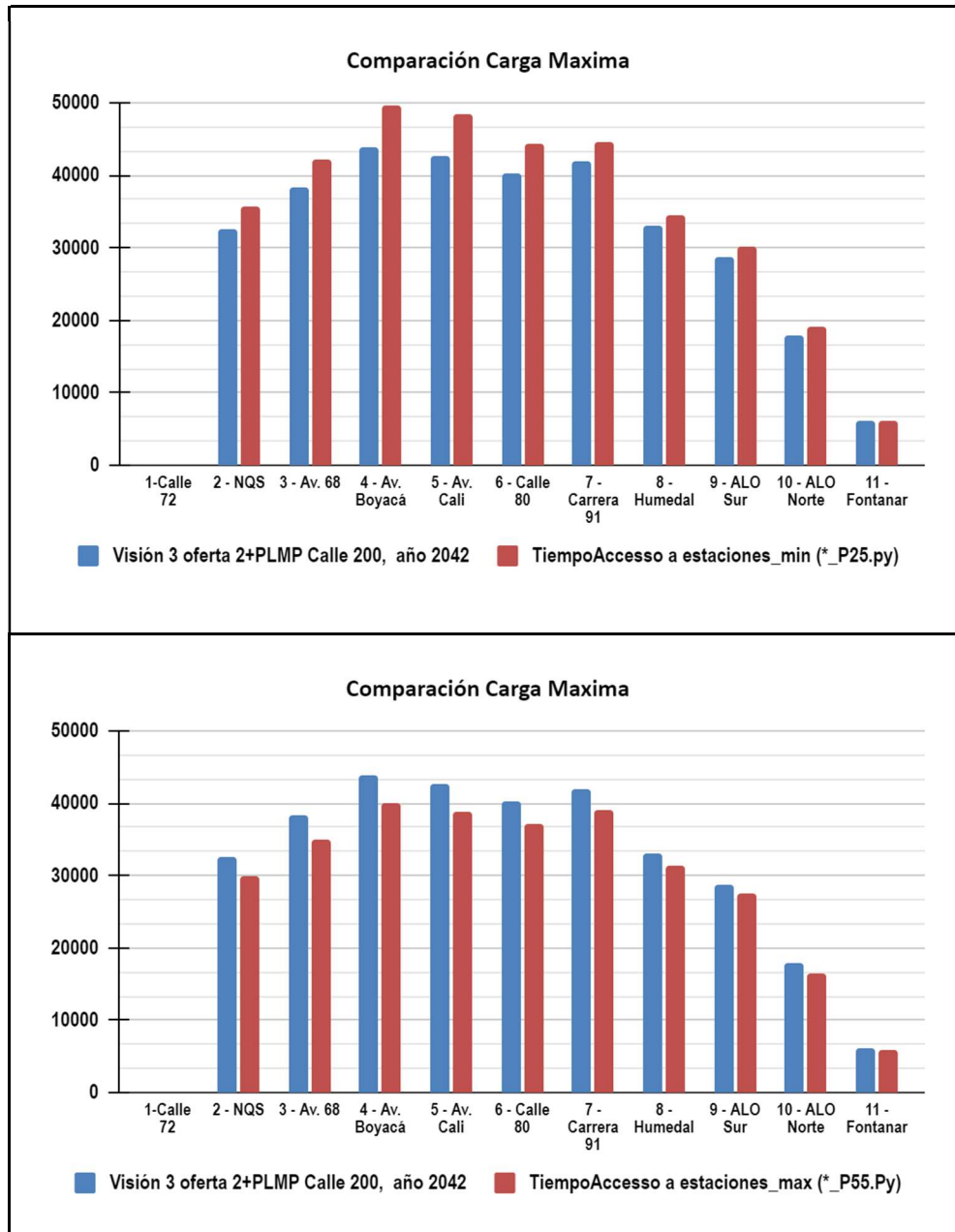
Fuente: MOVIUS

Como se puede observar en las gráficas anteriores, el tiempo de acceso a estaciones si tiene influencia en la demanda en cada una de ellas. Al disminuir el tiempo de acceso se puede apreciar que la demanda aumentaría cerca de un 8% siendo las estaciones Av. 68, Av. Boyacá, Av. Cali y Calle 80 las que presentarían mayor cantidad de usuarios con incrementos entre el 14% y el 10%. Para el análisis del tiempo de acceso con incremento, la demanda sufriría una reducción en todas las estaciones.

7.1.2. Sensibilidad tiempo de acceso a estaciones corte temporal 2042

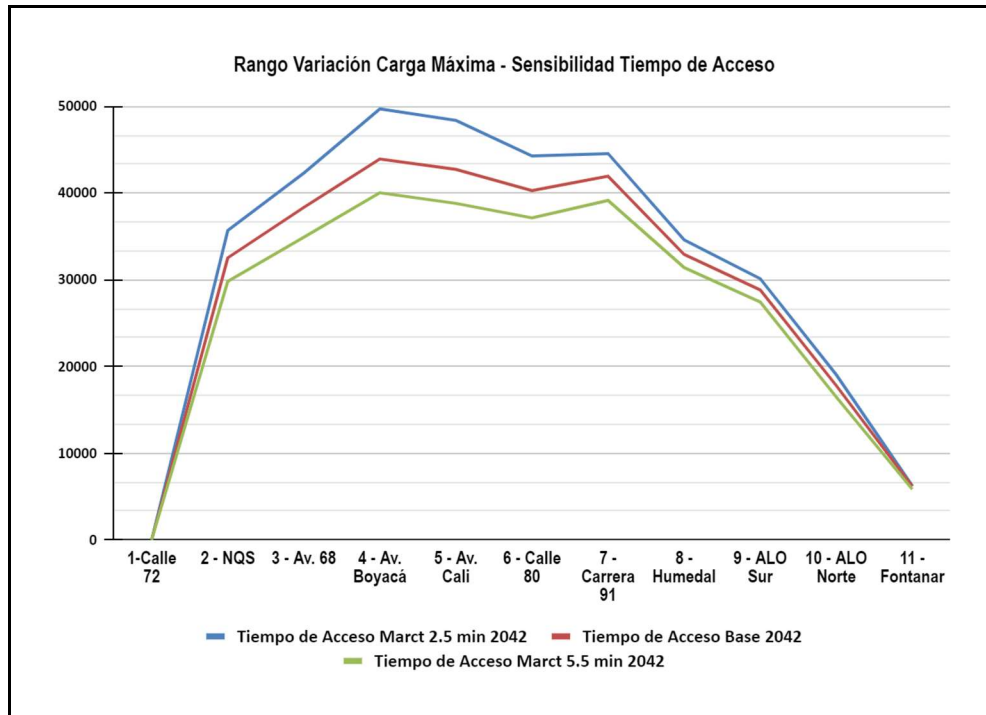
En las siguientes figuras se muestra el tiempo de acceso a estaciones para el año 2042.

Figura 72. Comparación carga máxima sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2042



Fuente: MOVIUS

Figura 73. Comparación abordajes sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2042



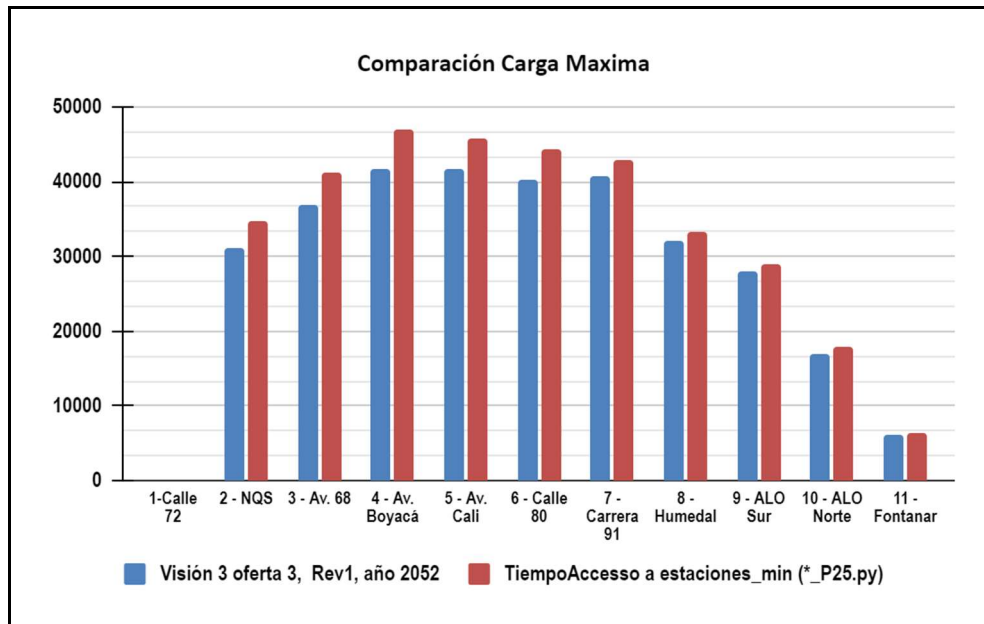
Fuente: MOVIUS

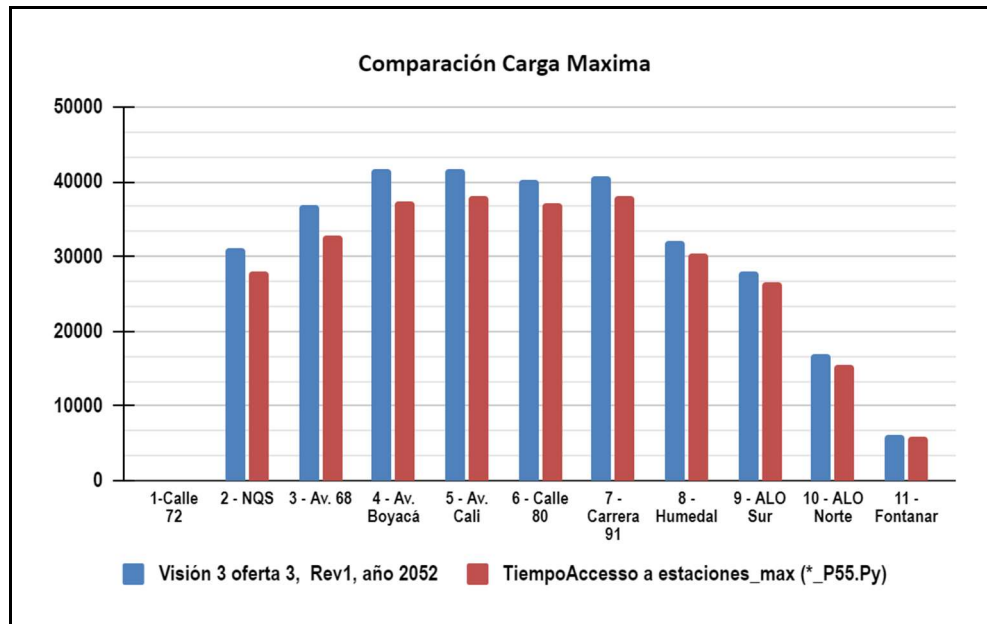
Como se puede observar en las gráficas anteriores, el tiempo de acceso a estaciones si tiene influencia en la demanda en cada una de ellas. Al disminuir el tiempo de acceso se puede apreciar que la demanda aumentaría cerca de un 8% siendo las estaciones Av. 68, Av. Boyacá y Av. Cali las que presentarían mayor cantidad de usuarios con incrementos entre el 13% y el 10%. Para el análisis del tiempo de acceso con incremento, la demanda sufriría una reducción en todas las estaciones de alrededor 7%. La estación Av. Cali sería la que tendría mayor reducción de demanda con respecto al análisis base.

7.1.3. Sensibilidad tiempo de acceso a estaciones corte temporal 2052

En las siguientes figuras se muestra el tiempo de acceso a estaciones para el año 2052.

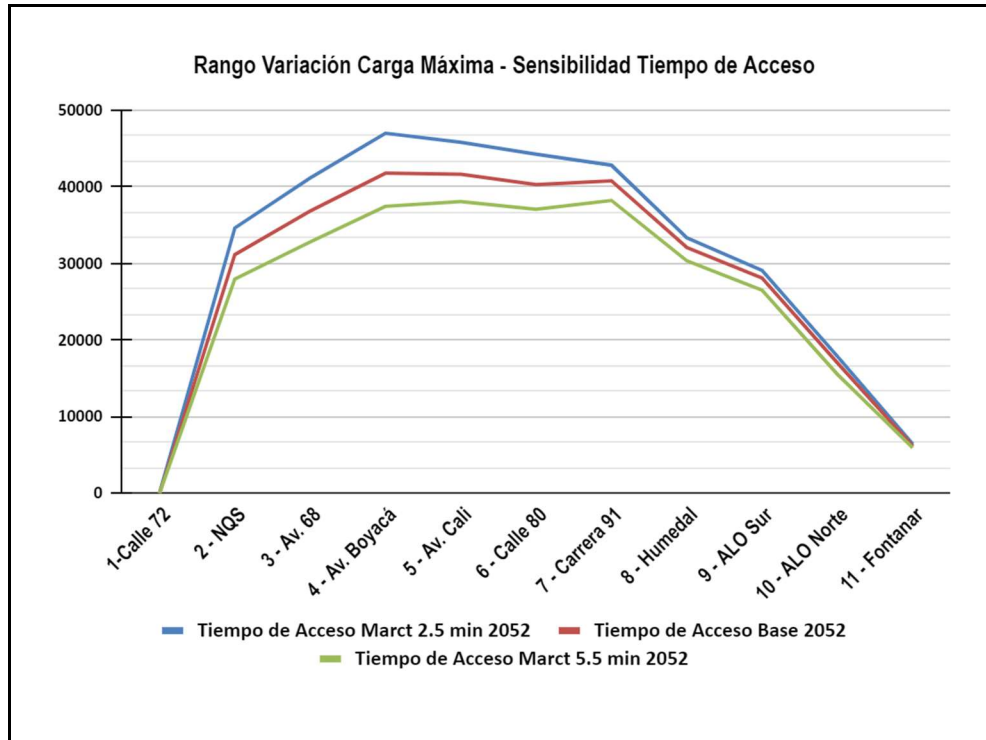
Figura 74. Comparación carga máxima sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2052





Fuente: MOVIUS

Figura 75. Comparación abordajes sensibilidad tiempo de acceso a estaciones 2052



Fuente: MOVIUS

Como se puede observar en las gráficas anteriores, el tiempo de acceso a estaciones si tiene influencia en la demanda en cada una de ellas. Al disminuir el tiempo de acceso se puede apreciar que la demanda aumentaría cerca de un 7,7% siendo las estaciones NQS, Av. 68, Av. Boyacá y Av. Cali las que presentarían mayor cantidad de usuarios con incrementos entre el 12% y el 10%. Para el análisis del tiempo de acceso con incremento, la demanda sufriría una reducción en todas las estaciones cercana al 8%. La estación Av. 68 sería la que tendría mayor reducción de demanda con respecto al análisis base con un bajón cercano al 11%.

7.2. Penalidad de Transferencia

A continuación se presentan las variaciones que se presentan en las sensibilidades por penalidad de transferencia en cada estación y corte temporal evaluado.

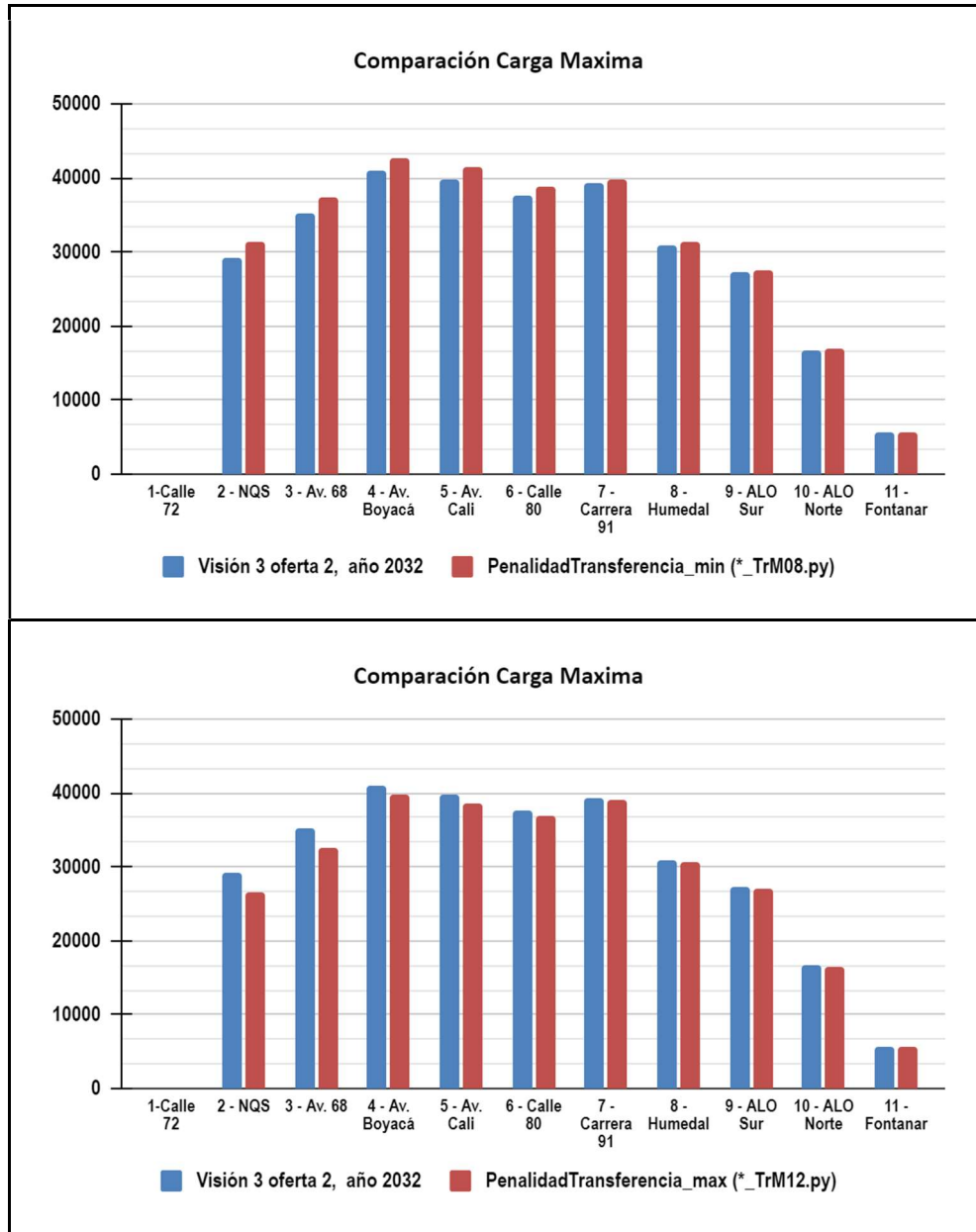
REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

7.2.1. Sensibilidad penalidad de transferencia corte temporal 2032

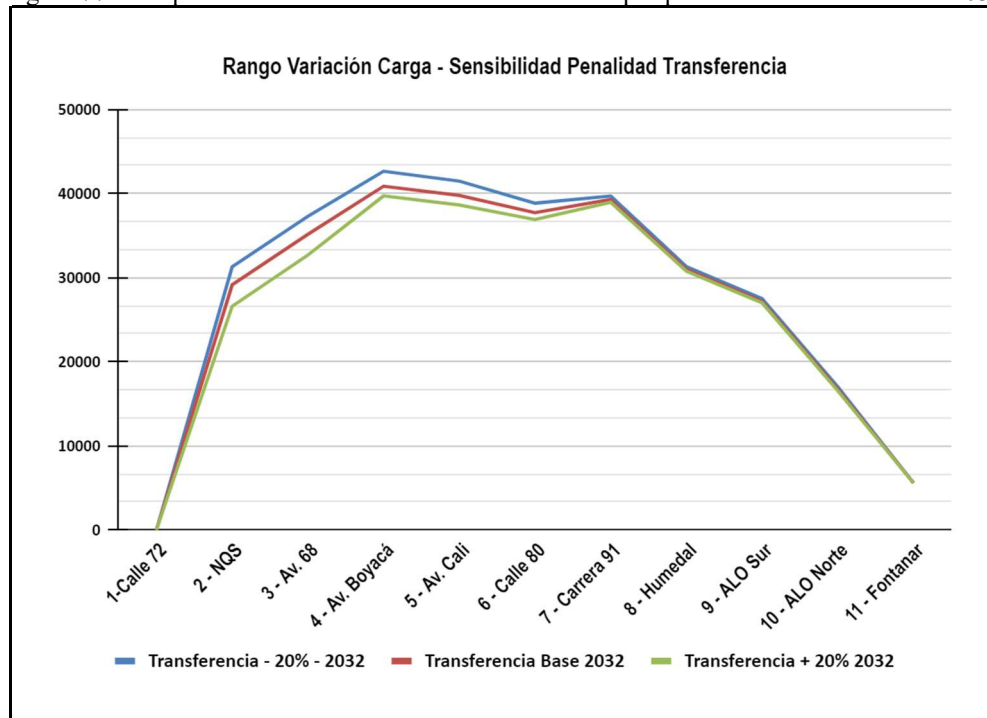
En las siguientes figuras se muestra la sensibilidad de penalidad de transferencia para el año 2032.

Figura 76. Comparación carga máxima en sensibilidad por penalidad de transferencia 2032.



Fuente: MOVIUS

Figura 77. Comparación de transferencias en sensibilidad por penalidad de transferencia 2032



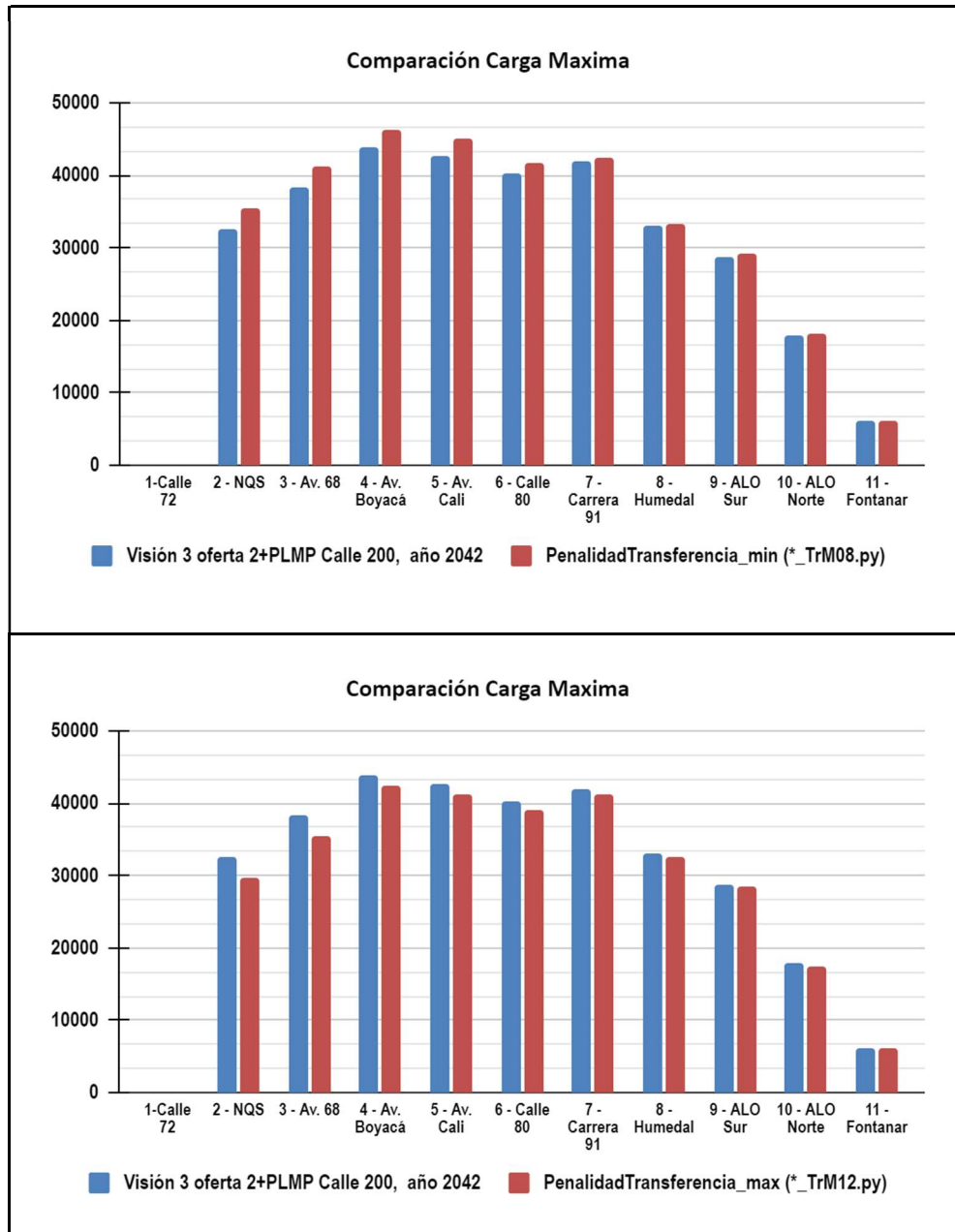
Fuente: MOVIUS

Como se puede observar en las gráficas anteriores, la penalidad por transferencia tiene influencia directa en la demanda que transportará el sistema en cada estación de la L2MB. Al disminuir la transferencia, la demanda entre las estaciones NQS, Av. 68, Av. Boyacá, Av. Cali, Calle 80 y Carrera 91 se incrementa entre el 1% y 19% con respecto al promedio, dependiendo la estación analizada. Caso contrario ocurre cuando la transferencia aumenta, desencadenando una reducción de la demanda entre el 1% y 11%.

7.2.2. Sensibilidad penalidad de transferencia corte temporal 2042

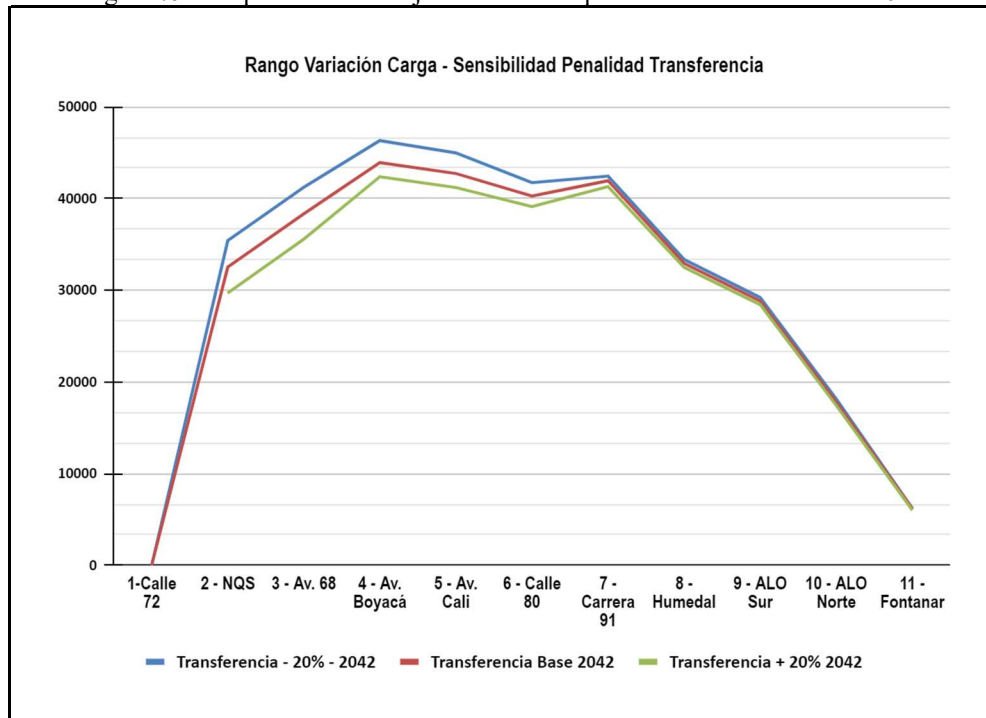
En las siguientes figuras se muestra la sensibilidad de penalidad de transferencia para el año 2042.

Figura 78. Comparación carga máxima sensibilidad penalidad de transferencia 2042



Fuente: MOVIUS

Figura 79. Comparación abordajes sensibilidad penalidad de transferencia 2042



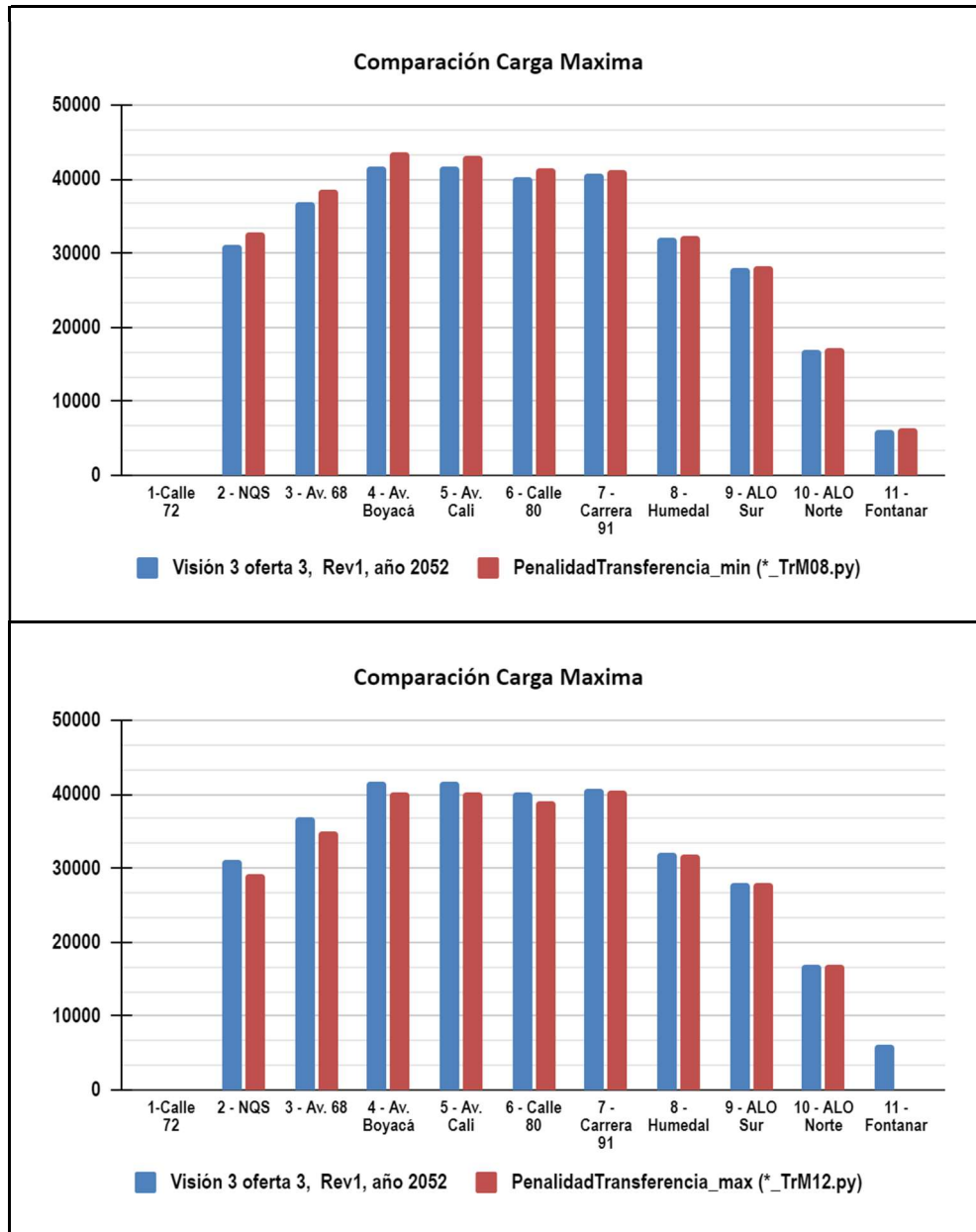
Fuente: MOVIUS

De acuerdo con lo anterior se observa que, la penalidad por transferencia influye directamente en la demanda que transportará el sistema en cada estación de la L2MB. Al disminuir la transferencia, la demanda entre las estaciones NQS, Av. 68, Av. Boyacá, Av. Cali, Calle 80 y Carrera 91 se incrementa entre el 5% y 23% con respecto al promedio, dependiendo la estación analizada. Caso contrario ocurre cuando la transferencia aumenta, generando una reducción de la demanda entre el 1% y 14% aproximadamente.

7.2.3. Sensibilidad penalidad de transferencia corte temporal 2052

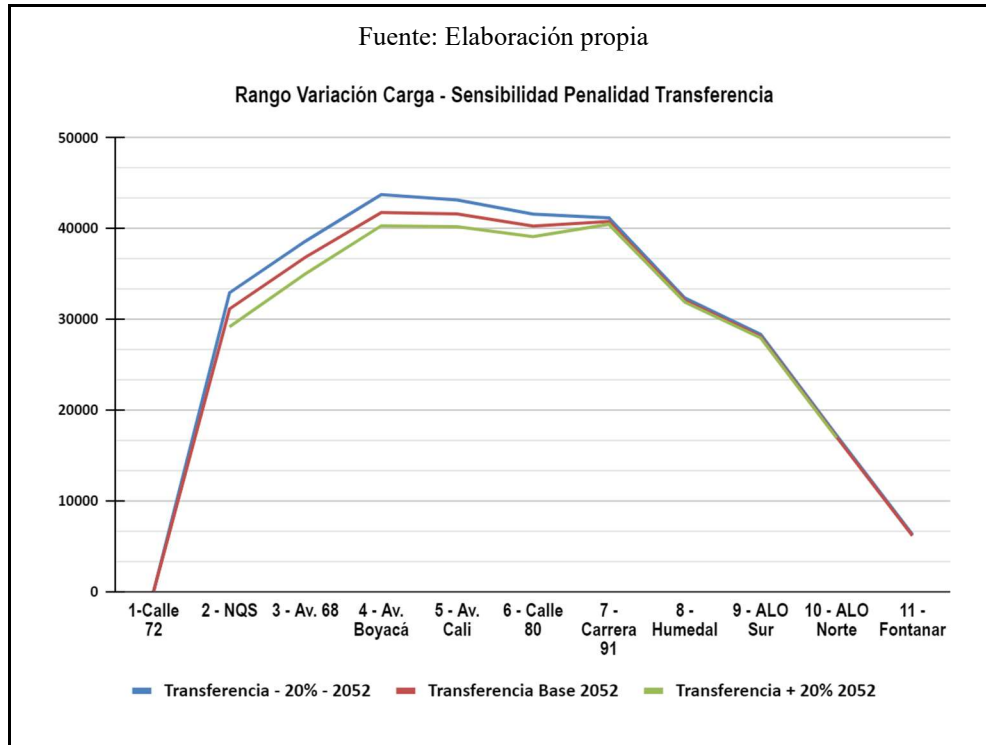
En las siguientes figuras se muestra la sensibilidad de penalidad de transferencia para el año 2052.

Figura 80. Comparación carga máxima sensibilidad penalidad de transferencia 2052



Fuente: MOVIUS

Figura 81. Comparación abordajes sensibilidad penalidad de transferencia 2052



Fuente: MOVIUS

A partir de las gráficas ilustradas anteriormente, la penalidad por transferencia continua su influencia en la demanda que transportará el sistema en cada estación de la L2MB. Al disminuir la transferencia, la demanda entre las estaciones NQS, Av. 68, Av. Boyacá, Av. Cali, Calle 80 y Carrera 91 se incrementa entre el 2% y 14% con respecto al promedio y dependiendo la estación analizada. Caso contrario ocurre cuando la transferencia aumenta, desencadenando una reducción de la demanda entre el 1% y 13% aproximadamente.

7.3. Resumen datos Sensibilidad L2MB



En la siguiente tabla se muestra, las cargas máximas por año, con la sensibilidad realizada para el tiempo de acceso, se define un límite superior e inferior de carga máxima para cada corte temporal.

Tabla 80. Carga Máxima Sensibilidad tiempo de acceso a estaciones

Año	Límite Superior Tiempo Acceso 2.5 min	Tiempo de Acceso Base Tiempo Acceso 4.0 min	Límite Inferior Tiempo Acceso 5.5 min
2032	46 498	40 872	37 282
2042	49 709	43 924	40 033
2052	46 957	41 757	38.196

Fuente: MOVIUS

En la siguiente tabla se muestra, las cargas máximas por año, con la sensibilidad realizada para penalidad de transferencia, se define un límite superior e inferior de carga máxima para cada corte temporal.

Tabla 81. Carga Máxima Sensibilidad penalidad de transferencia

Año	Límite Superior Transferencias: -20%	Tiempo de Acceso Base Transferencias: 6.88 min	Límite Inferior Transferencias: +20%
2032	42 647	40 872	39 717
2042	46 327	43 924	42 386
2052	43 734	41 757	40 467

Fuente: MOVIUS

El análisis de sensibilidad genera una franja de cargas máxima y mínima de la L2MB, lo que permite tener diferentes rangos de datos para la formulación del sistema de operación de la L2MB; con los datos críticos mínimos y máximo de carga se genera un sistema de operación óptimo para el sistema.

Los datos máximos y mínimos de carga de la L2MB, se obtienen con la sensibilidad de tiempo de acceso a estaciones; por lo cual se tiene como la carga máxima del sistema de la L2MB de 49 709 usuarios. Se sugiere que el análisis operacional y de dimensionamiento se realice sobre el límite superior de carga de la L2MB obtenido de la sensibilidad de tiempo de acceso a estaciones con el valor mínimo de 2,5 minutos.

Como se evidencia en los datos de sensibilidades, al mejorar la accesibilidad del sistema tanto en transferencias como en tiempos de acceso se tiene un incremento de las carga máxima de la L2MB; por lo cual es importante para el proyecto generar infraestructura o utilizar tecnología que reduzca estos tiempos, por lo cual en la configuración de las estaciones de la L2MB (Metro subterráneo) se proyecta el área de estación con altura de 30

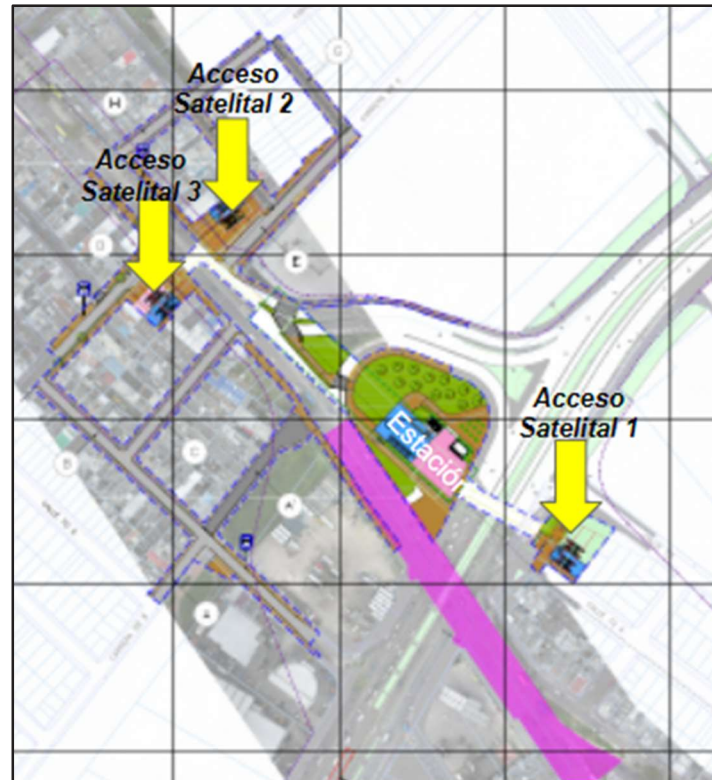
metros aproximadamente distribuida a nivel vertical con 3 mezzanines y un nivel de andén (nivel de acceso a trenes).

- En el nivel mezzanine -1 se proyecta el área de vestíbulo que permite la llegada de usuarios de áreas no pagas a áreas pagas. Allí se proyecta la ubicación de escaleras eléctricas, escaleras fijas y ascensores para personas con movilidad reducida.

Complementario al cajón de la estación de 30 metros de profundidad, se proyectan accesos a nivel de calle con módulos ubicados encima de la estación y en algunos puntos por facilidad de conectividad a través de módulos de *acceso satelitales* ubicados en diferentes extremos del entorno urbano para generar cruces seguros de los usuarios e ingreso a las estaciones de forma rápida y organizada. Todos los módulos de acceso se proyectan con áreas para la ubicación de escaleras fijas, escaleras eléctricas y ascensores.

En áreas cercanas a los accesos de las estaciones se proyecta la localización de biciparqueaderos, los cuales principalmente se localizan encima de las estaciones y en nivel de calle a fin de facilitar la experiencia del usuario, la ubicación del biciparqueadero varía dependiendo de la ubicación actual o proyectada de la red de cicloinfraestructura de cada estación como se muestra a continuación en la Av. 68 con armonización con la troncal BRT que cuenta con mejoramiento integral del espacio público y construcción de cicloruta a nivel de andén, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 82. Planteamiento de Accesos Satelitales - Ingreso a estaciones



Fuente: Elaboración propia

Las estaciones proyectadas para la L2MB conforme a la necesidad, disponibilidad de espacio en superficie, ubicación y demanda disponen de módulos de acceso a las estaciones.

Los módulos de acceso corresponden con una arquitectura liviana y transparente para reducir su impacto en el paisaje urbano. Cumplen con los principios de accesibilidad universal, similares formalmente y de fácil identificación para los usuarios.

Como se mencionó previamente, se proyectan dos tipos de accesos externos exclusivos a las estaciones, conforme la posición urbana de la estación y la necesidad de espacios técnicos.

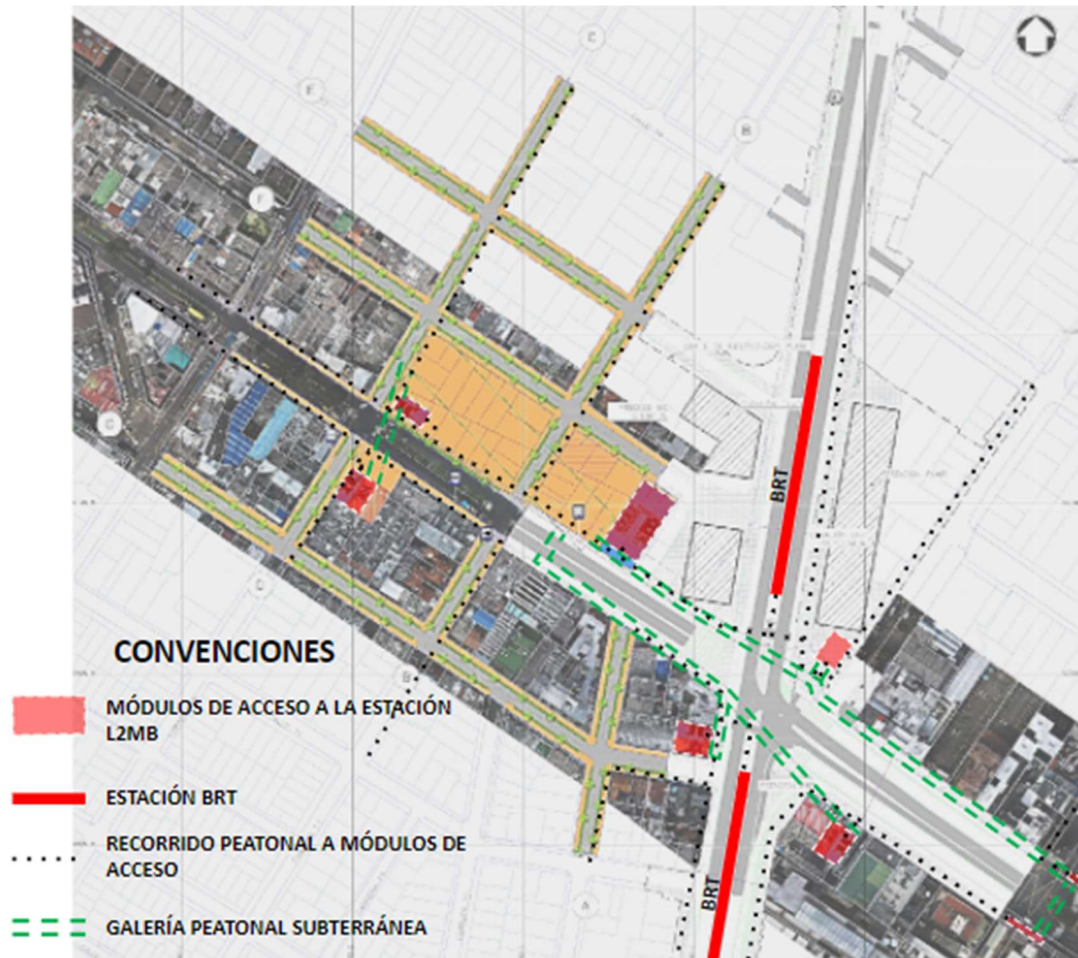
Módulo de acceso principal

Es el acceso principal de las estaciones, contiene dos escaleras mecánicas y una fija y está posicionado sobre el cajón de la estación, como una extensión de su estructura. El ascensor estará integrado al volumen del módulo. Cada estación tendrá el número de módulos tipo 1 compatible con su número de líneas de control de pasajes. Su espacio interno está integrado al espacio del vestíbulo zona no paga de las Estaciones.

Módulo de acceso satelital

Módulo sencillo, que contiene dos escaleras mecánicas y una fija, además el ascensor, que se queda aislado en la acera en nivel superficie. Está localizado fuera de la proyección del cajón de la estación, al cual se conecta mediante una galería peatonal con ancho correctamente dimensionado, en general al lado opuesto de calles y avenidas, o cuando la situación urbana lo requiera.

Figura 83. Planteamiento de Accesos estaciones



Fuente: Elaboración propia

8. DEFINICIÓN DE ESCENARIO DE DISEÑO

Con base en el análisis de cargas de los escenarios de Demanda y Sensibilidad, se concluye que el escenario crítico que se debe plasmar en los diseños es el obtenido con la sensibilidad de disminuir los tiempos de acceso a las estaciones a 2,5 minutos, el cual tiene la carga máxima para L2MB el año 2042 de 49.709 usuarios, lo cual se logrará generando *acceso satelital* ubicados en diferentes extremos del entorno urbano para generar cruces seguros de los usuarios e ingreso a las estaciones de forma rápida y organizada. Todos los módulos de

acceso se proyectan con áreas para la ubicación de escaleras fijas, escaleras eléctricas y ascensores.

En los siguiente numerales se muestran los resultados de modelos de demanda para este escenario.

8.1. Partición modal del total de viajes en el modelo - Escenario de diseño

A continuación, se presentan los datos de la partición modal para cada uno de los cortes temporales evaluados del escenario de diseño.

Tabla 82. Partición modal del total de viajes en el modelo - Escenario de Diseño Hora Pico

Modo	Año 2032	Año 2042	Año 2052
viajes Auto	179 679	197 495	203 587
viajes Moto	142 789	148 920	148 152
viajes Taxi	44 175	46 376	45 881
viajes TPu	765 485	808 510	835 840
Total Viajes	1 132 127	1 201 300	1 233 460

Fuente: MOVIUS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se observa que el transporte público presenta el mayor número de viajes a futuro en los diferentes cortes temporales modelados, seguido por el automóvil, moto y taxi, respectivamente.

8.2. Carga escenario de diseño

En las siguientes tablas se muestra la carga por cada corte temporal evaluado.

Tabla 83. Carga escenario 2032 - Escenario Diseño

Estación	Sentido Norte - Sur			Sentido Sur - Norte		
	Ascensos	Descensos	Carga	Ascensos	Descensos	Carga
1-Calle 72	0	31765	0	9229	0	9229
2 - NQS	266	7211	31765	760	472	9517

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Estación	Sentido Norte - Sur			Sentido Sur - Norte		
	Ascensos	Descensos	Carga	Ascensos	Descensos	Carga
3 - Av. 68	1976	9765	38709	1674	2560	8631
4 - Av. Boyacá	2237	1185	46498	477	2324	6785
5 - Av. Cali	4472	915	45447	570	1822	5533
6 - Calle 80	4466	4001	41889	4948	687	9793
7 - Carrera 91	9216	226	41424	405	1129	9069
8 - Humedal	4067	9	32433	115	1432	7752
9 - ALO Sur	10542	26	28375	94	2345	5501
10 - ALO Norte	12365	143	17859	1	3915	1587
11 - Fontanar	5637	0	5637	0	1587	0
Total	55244	55246		18273	18273	

Fuente: MOVIUS

Tabla 84. Carga escenario 2042 - Escenario Diseño

Estación	Sentido Norte - Sur			Sentido Sur - Norte		
	Ascensos	Descensos	Carga	Ascensos	Descensos	Carga
1-Calle 72	0	35687	0	11989	0	11989
2 - NQS	303	6919	35687	584	491	12082
3 - Av. 68	2393	9798	42304	1877	3304	10656
4 - Av. Boyacá	2589	1263	49709	507	2478	8685
5 - Av. Cali	5088	989	48383	538	2191	7032
6 - Calle 80	4886	5154	44285	5418	1741	10709
7 - Carrera 91	10181	243	44552	430	1281	9858
8 - Humedal	4497	12	34614	115	1540	8434

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Estación	Sentido Norte - Sur			Sentido Sur - Norte		
	Ascensos	Descensos	Carga	Ascensos	Descensos	Carga
9 - ALO Sur	11082	26	30128	87	2486	6035
10 - ALO Norte	12972	143	19072	1	4301	1735
11 - Fontanar	6243	0	6243	0	1735	0
Total	60234	60234		21546	21548	

Fuente: MOVIUS

Tabla 85. Carga escenario 2052 - Escenario Diseño

Estación	Sentido Norte - Sur			Sentido Sur - Norte		
	Ascensos	Descensos	Carga	Ascensos	Descensos	Carga
1-Calle 72	0	34621	0	7312	0	7312
2 - NQS	301	6824	34621	797	436	7673
3 - Av. 68	2171	7985	41144	1685	2381	6977
4 - Av. Boyacá	6048	4881	46957	2555	2001	7531
5 - Av. Cali	2256	696	45790	266	1260	6537
6 - Calle 80	5131	3711	44231	5041	942	10637
7 - Carrera 91	9672	189	42810	429	1495	9571
8 - Humedal	4269	9	33327	121	1589	8103
9 - ALO Sur	11218	26	29067	103	2240	5966
10 - ALO Norte	11595	143	17875	1	4067	1900
11 - Fontanar	6423	0	6423	0	1900	0
Total	59084	59085		18310	18311	

Fuente: MOVIUS

Como se ha indicado se define como carga máxima la encontrada en el año 2042, en la Av. Boyacá con un total de 49709 usuarios.

8.3. Abordajes y descenso escenario de diseño

En la siguiente tabla se muestran los abordajes iniciales para cada corte temporal evaluado.

Tabla 86. Abordajes Iniciales - Escenario Diseño Hora Pico

Estación	Año 2032	Año 2042	Año 2052
1-Calle 72	341	386	393
2 - NQS	492	553	745
3 - Av. 68	1612	2044	2242
4 - Av. Boyacá	2714	3096	2138
5 - Av. Cali	3360	3828	2450
6 - Calle 80	3390	3688	3780
7 - Carrera 91	9621	10610	10101
8 - Humedal	4069	4469	4335
9 - ALO Sur	10626	11157	11312
10 - ALO Norte	11030	11543	11295
11 - Fontanar	5636	6243	6423

Fuente: MOVIUS

El dato de abordajes iniciales más alto se encuentra en la estación ALO Norte, con un volumen máximo de 11543 usuarios para el año 2042.

En cuanto a los descenso finales, se tiene que la estación que presentan mayores descenso finales es la de la AC 72 (No 1), y los descenso finales máximos se presentan en el año 2052 con 7709.

Tabla 87. Descenso finales - Escenario Diseño Hora Pico

Estación	Año 2032	Año 2042	Año 2052
1-Calle 72	6052	6107	7709
2 - NQS	1073	1178	1273
3 - Av. 68	3668	3987	4168
4 - Av. Boyacá	3432	3616	2267
5 - Av. Cali	928	1057	797
6 - Calle 80	350	485	581
7 - Carrera 91	1138	1275	1417
8 - Humedal	1435	1544	1598
9 - ALO Sur	1671	1759	1838
10 - ALO Norte	1534	1737	2019
11 - Fontanar	1504	1647	1805

Fuente: MOVIUS

8.4. Transferencias escenario de diseño

En las siguiente tablas se muestran las transferencias de cada modos de transporte a L2MB, por corte temporal; estas se dividen en transferencias de abordaje y de descensos

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Nota: Corredor Férreo del Sur (L3MB) - Transporte masivo Av. Boyacá (L4MB)

Tabla 88. Transferencias Año 2032 - Escenario Diseño

Estación	Transbordos Abordajes							
	Intermunic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total
C01 - Calle 72	87	8 066	732	-	-	-	-	8 885
C02 - NQS	-	-	534	-	-	-	-	534
C03 - Av. 68	-	-	2 029	9	-	-	-	2 038
C04 - Av. Boyacá	-	-	-	-	-	-	-	-
C05 - Av. Cali	-	-	-	1 683	-	-	-	1 683
C06 - Calle 80	-	-	6 024	0	-	-	-	6 024
C07 - Carrera 91	-	-	-	1	-	-	-	1
C08 - Humedal	-	-	-	114	-	-	-	114
C09 - ALO Sur	-	-	-	10	-	-	-	10
C10 - ALO Norte	-	-	1	1 337	-	-	-	1 337

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

B4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Estación	Transbordos Abordajes							
	Intermunic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total
C11 - Fontanar	-	-	-	1	-	-	-	1

Fuente: MOVIUS

Estación	Transferencias Descensos							
	Intermunic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total
C01 - Calle 72	3	14 175	9 221	2 316	-	-	-	25 713
C02 - NQS	-	-	5 435	1 123	50	-	-	6 609
C03 - Av. 68	-	-	7 879	778	-	-	-	8 657
C04 - Av. Boyacá	-	-	-	77	-	-	-	77
C05 - Av. Cali	-	-	-	1 809	-	-	-	1 809
C06 - Calle 80	-	-	4 338	-	-	-	-	4 338
C07 - Carrera 91	-	-	-	216	-	-	-	216

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Estación	Transferencias Descensos							
	Intermunic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total
C08 - Humedal	-	-	-	6	-	-	-	6
C09 - ALO Sur	-	-	-	698	-	-	-	698
C10 - ALO Norte	-	-	-	2 525	-	-	-	2 525
C11 - Fontanar	-	-	-	83	-	-	-	83

Fuente: MOVIUS

Tabla 89. Transferencias Año 2042 - Escenario Diseño

Estación	Transbordos Abordajes							
	Intermunic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total
C01 - Calle 72	80	11 004	514	-	-	-	-	11 598
C02 - NQS	-	-	334	-	-	-	-	334
C03 - Av. 68	-	-	2 225	1	-	-	-	2 226

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

B4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Estación	Transbordos Abordajes							
	Intermunic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total
C04 - Av. Boyacá	-	-	-	-	-	-	-	-
C05 - Av. Cali	-	-	-	1 797	-	-	-	1 797
C06 - Calle 80	-	-	6 615	0	-	-	-	6 616
C07 - Carrera 91	-	-	-	0	-	-	-	0
C08 - Humedal	-	-	-	143	-	-	-	143
C09 - ALO Sur	-	-	-	12	-	-	-	12
C10 - ALO Norte	-	-	2	1 429	-	-	-	1 431
C11 - Fontanar	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: MOVIUS

Estación	Transferencias Descensos
----------	--------------------------

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

	Intermu nic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total
C01 - Calle 72	3	17 928	9 319	2 330	-	-	-	29 580
C02 - NQS	-	-	5 064	1 117	50	-	-	6 232
C03 - Av. 68	-	-	8 088	1 027	-	-	-	9 115
C04 - Av. Boyacá	-	-	-	125	-	-	-	125
C05 - Av. Cali	-	-	-	2 122	-	-	-	2 122
C06 - Calle 80	-	-	6 410	-	-	-	-	6 410
C07 - Carrera 91	-	-	-	248	-	-	-	248

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

B4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Estación	Transferencias Descensos							
	Intermunic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total
C08 - Humedal	-	-	-	8	-	-	-	8
C09 - ALO Sur	-	-	-	750	-	-	-	750
C10 - ALO Norte	-	-	-	2 708	-	-	-	2 708
C11 - Fontanar	-	-	-	88	-	-	-	88

Fuente: MOVIUS

Tabla 90. Transferencias Año 2052 - Escenario Diseño Hora Pico

Estación	Transbordos Abordajes							
	Intermunic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

B4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Estación	Transbordos Abordajes							
	Intermunic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total
C01 - Calle 72	66	6 380	467	-	-	-	-	6 913
C02 - NQS	-	-	261	-	-	92	-	353
C03 - Av. 68	-	-	1 607	8	-	-	-	1 615
C04 - Av. Boyacá	-	-	-	-	-	-	6 465	6 465
C05 - Av. Cali	-	-	-	71	-	-	-	71
C06 - Calle 80	-	-	6 393	-	-	-	-	6 393
C07 - Carrera 91	-	-	-	1	-	-	-	1
C08 - Humedal	-	-	-	56	-	-	-	56
C09 - ALO Sur	-	-	-	9	-	-	-	9
C10 - ALO Norte	-	-	-	302	-	-	-	302
C11 - Fontanar	-	-	-	0	-	-	-	0

Fuente: MOVIUS

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO
LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

B4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Estación	Transferencias Descensos							
	Intermu nic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total
C01 - Calle 72	23	17 139	7 756	1 994	-	-	-	26 912
C02 - NQS	-	-	4 888	1 046	52	0	-	5 986
C03 - Av. 68	-	-	5 596	603	-	-	-	6 198
C04 - Av. Boyacá	-	-	-	23	-	-	4 591	4 614
C05 - Av. Cali	-	-	-	1 159	-	-	-	1 159
C06 - Calle 80	-	-	4 072	-	-	-	-	4 072

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

B4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Estación	Transferencias Descensos							
	Intermunic	PLMB	TransMi	Zonal Impl	RegioTram Norte	L3MB	L4MB	Total
C07 - Carrera 91	-	-	-	267	-	-	-	267
C08 - Humedal	-	-	-	0	-	-	-	0
C09 - ALO Sur	-	-	-	428	-	-	-	428
C10 - ALO Norte	-	-	-	2 191	-	-	-	2 191
C11 - Fontanar	-	-	-	95	-	-	-	95

Fuente: MOVIUS

9. ESTIMACIONES DE DEMANDA ANÁLISIS BENEFICIO / COSTO



9.1. Análisis inicial B/C

9.1.1 Escenarios de oferta de transporte

La metodología de costos evitados se basa en la comparación del escenario de proyecto frente a un escenario base sin proyecto. Esta comparación es determinante desde el punto de vista de seleccionar los escenarios que representen correctamente la situación que se desea estudiar. Para tal efecto y garantizar que se sigue fielmente la metodología, se plantean tres (3) escenarios con el fin de poder realizar un análisis de beneficio costo que permita decidir por la implementación del proyecto.

El punto de partida para comparar la aplicación de la metodología es el escenario base, el cual representa las condiciones de referencia del sistema de transporte de la región. Para efectos del contenido del presente documento, este escenario será denominado “Escenario 0 – Base”.

Este escenario, como bien se ha establecido, es un escenario sin la ejecución del proyecto, el cual permite determinar los beneficios netos atribuidos por el proyecto en sí. Como este escenario es aquel que no considera el proyecto de la L2MB, a partir de este es que se podrán comparar los beneficios y ahorros debido a la implementación del proyecto en los Escenarios 1 y 2.

A continuación, se presentan los proyectos que hacen parte del escenario:

Tabla 91. Proyectos de transporte público y privado - Escenario 0

<p>Proyectos transporte público</p>	<ul style="list-style-type: none"> · PLMB hasta calle 100 · Troncal AV. 68 · Regiotram de Occidente y Norte · Av. Ciudad de Cali hasta Manuel Cepeda · Soacha Fase 2 y 3 · Av. Caracas extensión sur · Av. Villavicencio entre Av. Boyacá y Autopista Sur · Troncal Calle 13 · Autopista Norte – entre calle 200 y 245 · SITP al 100% · Carrera 7^a – Corredor Verde
<p>Proyectos transporte privado</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Red vial actual · Av. Mutis entre Boyacá y Constitución · Av. Carrera 9 – extensión calle 183 · Av. El Rincón entre Boyacá y Cr. 91 · Av. La Sirena entre Boyacá – Autonorte y Cr. 9 · Av. San Antonio entre Boyacá y Cr. 7 · Av. Boyacá – extensión calle 183 · ALO hasta calle 13 · Av. Guayacanes entre Av. Tintal y Av. Alsacia · Accenorte II

Fuente: MOVIUS

Los denominados escenarios con proyecto determinan todas las condiciones de movilidad esperadas con la entrada del proyecto de la L2MB y no contempla otros proyectos de transporte masivo. Desde el punto de vista metodológico, es directa la comparación con el anterior escenario (con proyecto y sin proyecto) que tendrá el sistema de transporte con el inicio de operación de la L2MB.

A continuación, se presentan los proyectos que hacen parte de los escenarios 1 y 2

Tabla 92. Proyectos de transporte público y privado - Escenario 1

<p>Proyectos transporte público</p>	<ul style="list-style-type: none"> · PLMB hasta calle 100 · Troncal AV. 68 · Regiotram de Occidente y Norte · Av. Ciudad de Cali hasta Manuel Cepeda · Soacha Fase 2 y 3 · Av. Caracas extensión sur · Av. Villavicencio entre Av. Boyacá y Autopista Sur · Troncal Calle 13 · Autopista Norte – entre calle 200 y 245 · SITP al 100% · Carrera 7^a – Corredor Verde · L2MB
<p>Proyectos transporte privado</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Red vial actual · Av. Mutis entre Boyacá y Constitución · Av. Carrera 9 – extensión calle 183 · Av. El Rincón entre Boyacá y Cr. 91 · Av. La Sirena entre Boyacá – Autonorte y Cr. 9 · Av. San Antonio entre Boyacá y Cr. 7 · Av. Boyacá – extensión calle 183 · ALO hasta calle 13 · Av. Guayacanes entre Av. Tintal y Av. Alsacia · Accenorte II

Fuente: MOVIUS

Tabla 93. Proyectos de transporte público y privado - Escenario 2

<p>Proyectos transporte público</p>	<ul style="list-style-type: none"> · PLMB hasta calle 100 · Troncal AV. 68 · Regiotram de Occidente y norte · Av. Ciudad de Cali hasta Manuel Cepeda · Soacha Fase 2 y 3 · Av. Caracas extensión sur · Av. Villavicencio entre Av. Boyacá y Autopista Sur · Troncal Calle 13 · Autopista Norte – entre calle 200 y 245 · SITP al 100% · Carrera 7^a – Corredor Verde Troncal Cll. 80 extensión - Intercambiador Modal Calle 80 Av Cali entre AC 6 a AC 80 · L2MB
<p>Proyectos transporte privado</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Red vial actual · Av. Mutis entre Boyacá y Constitución · Av. Carrera 9 – extensión calle 183 · Av. El Rincón entre Boyacá y Cr. 91 · Av. La Sirena entre Boyacá – Autonorte y Cr. 9 · Av. San Antonio entre Boyacá y Cr. 7 · Av. Boyacá – extensión calle 183 · ALO hasta calle 13 · Av. Guayacanes entre Av. Tintal y Av. Alsacia · Accenorte II

Fuente: MOVIUS

9.1.2 Escenarios de Demanda

Los insumos recibidos por parte de la SDM corresponden a vectores de población y usos del suelo divididos en 3 visiones; la tercera de ellas fue realizada conjuntamente por la Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM) y considera el crecimiento de Bogotá y los municipios aledaños y la actualización de la población de acuerdo con el último Censo de Población y Vivienda DANE 2018.

Los vectores de población están anualmente y los vectores de usos del suelo están para para la visión 3 se utilizan los suministrado por la SDM.

Para obtener los valores de los vectores en los cortes temporales para los escenarios a modelar, se realizará un proceso de interpolación de los años con los que se cuenta la información.

9.1.3. Escenarios a Modelar

Para el desarrollo del análisis beneficio costo se definió junto con EMB, que se realizaran sobre los la Visión 3 de crecimiento de ciudad y los escenarios de oferta, relacionados en el numeral anterior. A continuación se resumen los cortes temporales y ofertas consideradas:

- Año 2032 - Escenario 0 - Escenario 1 B/C - Escenario 2 B/C
- Año 2052 - Escenario 0 - Escenario 1 B/C - Escenario 2 B/C

9.1.4. Parámetros Operativos

Los parámetros con los cuales se ha corrido el modelo para el análisis Beneficio - Costo se han utilizado los mismos parámetros que se han explicados anteriormente.

9.1.5. Resultados de demanda análisis beneficio/ costo

Para efectos de definir indicadores para la evaluación beneficio costos, se realizaron las corridas del modelo bajo el denominado Escenario 0, el cual como se explicó anteriormente es la base para cuantificar los beneficios respecto a los otros dos escenarios evaluados. A continuación se presentan los indicadores calculados, estos se convinieron con otras áreas técnicas tales como el área financiera de acuerdo a sus requerimientos para hacer la evaluación B/C.

9.1.5.1. Indicadores Vehículos Privados

Para todos los escenarios de oferta y demanda se realizaron las estimaciones de tiempos de viajes. Los resultados correspondientes con cada visión y oferta, se encuentran en el modelo correspondiente, y en los Anexos al informe .

9.1.5.1.1. Tiempos de Viaje

Para vehículos privados del modelo se obtuvo el indicador de tiempo de viaje por vehículo en minutos (tiempo @Tipo vehículo Estrato), con el fin de identificar el tiempo de viaje de los usuarios de cada tipo de vehículo este se afectó por la ocupación promedio, con los cual se obtuvo el tiempo de viaje de los usuarios de cada tipología vehicular.

Tabla 94. Ocupación promedio por tipo de vehículo privado

Tasa Media de ocupación	Persona/Vehículo
Auto	1,5065
Taxi Ocupado	1,7626
Moto	1,2265
Camión Pequeño	1,0000
Taxi Vacío	1,0000

Fuente: MOVIUS

En la siguiente tabla se muestra el tiempo de viaje de los usuarios por cada tipo de vehículo privado en minutos.

Tabla 95. Indicador de tiempo de viaje por escenario en la HMD (Minutos)

Indicador	Visión 3 BC0 año 2032	Visión 3 BC0 año 2052	Visión 3 BC1 año 2032	Visión 3 BC1 año 2052	Visión 3 BC2 año 2032	Visión 3 BC2 año 2052
Auto	7 315 805,8	8 716 835,9	7 209 564,5	8 571 059,8	7 164 354,2	8 510 825,5
Taxi	1 574 829,2	1 766 046,6	1 552 648,5	1 738 276,0	1 542 283,5	1 725 944,0
Taxi vacío	651 897,1	693 921,2	646 697,4	687 407,5	644 640,9	685 075,2

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Moto	799 556,1	851 098,9	793 178,6	843 109,8	790 656,3	840 249,3
Camión pequeño	408 932,6	445 266,2	406 943,8	442 842,2	406 159,3	441 949,6

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a Día.

Tabla 96. Factor de expansión a día

Factores de expansión	Día
Auto	17,89
Moto	22,68
Taxi Ocupado	22,7
Taxi Vacío	22,7
Camión Pequeño	10,95

Fuente: MOVIUS

Tabla 97 Indicador de tiempo de viaje por escenario en un día (Minutos)

Items	Visión 3 BC0 año 2032	Visión 3 BC0 año 2052	Visión 3 BC1 año 2032	Visión 3 BC1 año 2052	Visión 3 BC2 año 2032	Visión 3 BC2 año 2052
Auto	130 879 766	155 944 193	128 979 109	153 336 260	128 170 297	152 258 667
Taxi	35 748 624	40 089 257	35 245 120	39 458 866	35 009 836	39 178 929
Taxi vacío	14 798 064	15 752 011	14 680 031	15 604 150	14 633 348	15 551 207
Moto	18 133 933	19 302 924	17 989 292	19 121 731	17 932 086	19 056 853
Camión pequeño	4 477 812	4 875 665	4 456 035	4 849 122	4 447 444	4 839 348

Fuente: MOVIUS

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a Año.

Tabla 98. Factor de expansión año

Factores de expansión	Año
-----------------------	-----

Auto	343
Moto	279
Taxi Ocupado	329
Taxi Vacío	329
Camión Pequeño	322

Fuente: MOVIUS

Tabla 99. Indicador de tiempo de viaje por escenario en un año (Minutos)

Items	Visión 3 BC0 año 2032	Visión 3 BC0 año 2052	Visión 3 BC1 año 2032	Visión 3 BC1 año 2052	Visión 3 BC2 año 2032	Visión 3 BC2 año 2052
Auto	44 891 759 806	53 488 858 331	44 239 834 451	52 594 337 138	43 962 411 834	52 224 722 888
Taxi	11 761 297 185	13 189 365 536	11 595 644 506	12 981 966 967	11 518 236 199	12 889 867 786
Taxi vacío	4 868 563 112	5 182 411 698	4 829 730 192	5 133 765 432	4 814 371 633	5 116 347 116
Moto	5 059 367 180	5 385 515 820	5 019 012 358	5 334 963 056	5 003 051 881	5 316 862 098
Camión pequeño	1 441 855 454	1 569 964 095	1 434 843 144	1 561 417 313	1 432 077 076	1 558 270 095

Fuente: MOVIUS

Como se observa en los indicadores obtenidos para cada escenario, los escenarios 1 y 2 presentan menores tiempos de viaje para las diferentes tipologías vehiculares evaluadas, en comparación con el escenario 0. En los escenarios con visión de ciudad y proyecto analizados y modelados, se obtuvo que el escenario 2 presenta los indicadores más bajos y óptimos al contar con los menores tiempos de viaje.

9.1.5.1.2. Indicadores Distancia recorrida

Para vehículos privados del modelo se obtuvo el indicador de distancia recorrida en kilómetros (distancia @Tipo vehículo Estrato).

Tabla 100. Indicador de distancia recorrida por escenario en la HMD (km)

Indicador	Visión 3 BC0 año 2032	Visión 3 BC0 año 2052	Visión 3 BC1 año 2032	Visión 3 BC1 año 2052	Visión 3 BC2 año 2032	Visión 3 BC2 año 2052
Carro	1 406 348,1	1 561 977,9	1 396 603,1	1 550 738,8	1 391 671,4	1 544 590,1

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Indicador	Visión 3 BC0 año 2032	Visión 3 BC0 año 2052	Visión 3 BC1 año 2032	Visión 3 BC1 año 2052	Visión 3 BC2 año 2032	Visión 3 BC2 año 2052
Taxi	238 048,2	249 139,6	236 356,0	247 472,0	235 307,7	246 305,0
Taxi vacío	180 153,4	179 774,6	180 197,8	179 794,3	180 220,8	179 749,3
Moto	498 142,5	522 279,0	493 783,3	518 388,2	492 298,2	516 880,5
Camión pequeño	143 600,0	147 374,9	143 561,6	147 331,9	143 507,8	147 266,5

Fuente: MOVIUS

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a Día.

Tabla 101. Factor de expansión día

Factores de expansión	Día
Auto	17,89
Moto	22,68
Taxi Ocupado	22,7
Taxi Vacío	22,7
Camion Pequeño	10,95

Fuente: MOVIUS

Tabla 102. Indicador de distancia recorrida por escenario en un día (km)

Indicador	Visión 3 BC0 año 2032	Visión 3 BC0 año 2052	Visión 3 BC1 año 2032	Visión 3 BC1 año 2052	Visión 3 BC2 año 2032	Visión 3 BC2 año 2052
Carro	25 159 568	27 943 785	24 985 229	27 742 717	24 897 001	27 632 717
Taxi	5 403 694	5 655 470	5 365 281	5 617 613	5 341 484	5 591 123
Taxi vacío	4 089 482	4 080 883	4 090 490	4 081 331	4 091 012	4 080 309
Moto	11 297 872	11 845 288	11 199 004	11 757 045	11 165 323	11 722 850
Camión pequeño	1 572 420	1 613 755	1 572 000	1 613 284	1 571 410	1 612 568

Fuente: MOVIUS

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a Año.

Tabla 103. Factor de expansión año

Factores de expansión	Año
Auto	343
Moto	279
Taxi Ocupado	329
Taxi Vacío	329
Camion Pequeño	322

Fuente: MOVIUS

Tabla 104. Indicador de distancia recorrida por escenario en un año

Indicador	Visión 3 BC0 año 2032	Visión 3 BC0 año 2052	Visión 3 BC1 año 2032	Visión 3 BC1 año 2052	Visión 3 BC2 año 2032	Visión 3 BC2 año 2052
Carro	8 629 731 656	9 584 718 128	8 569 933 704	9 515 751 976	8 539 671 462	9 478 021 893
Taxi	1 777 815 297	1 860 649 499	1 765 177 291	1 848 194 764	1 757 348 122	1 839 479 333
Taxi vacío	1 345 439 637	1 342 610 645	1 345 771 230	1 342 757 771	1 345 943 001	1 342 421 697
Moto	3 152 106 197	3 304 835 400	3 124 522 147	3 280 215 634	3 115 125 040	3 270 675 014
Camión pequeño	506 319 240	519 629 160	506 183 845	519 477 546	505 994 152	519 246 952

Fuente: MOVIUS

Como se observa en el indicador obtenido para cada escenario, los escenarios 1 y 2 presentan menores distancias recorridas para las diferentes tipologías vehiculares evaluadas, en comparación con el escenario 0. En los escenarios con visión de ciudad y proyecto analizados y modelados, se obtuvo que el escenario 1 presenta los indicadores más bajos y óptimos al contar con la menor distancia recorrida.

9.1.5.2. Indicadores Transporte Público

9.1.5.2.1. Tiempos de Viaje transporte público

Para el cálculo de Tiempo de viaje total en transporte público (en minutos), se realizó la suma de tiempos de abordaje (actual_total_boarding_times modo), tiempo en vehículo (actual_in_vehicle_times modo) y tiempo de caminata (actual_aux_transit_times modo) p) el cual se distribuyó según los abordajes de cada modo.

Tabla 105. Indicador de tiempo de viaje del Transporte público por escenario en la HMD (Minutos)

Indicador	Visión 3 BC0 año 2032	Visión 3 BC0 año 2052	Visión 3 BC1 año 2032	Visión 3 BC1 año 2052	Visión 3 BC2 año 2032	Visión 3 BC2 año 2052
Transmilenio	23 741 888,0	26 984 194,9	21 864 949,1	24 922 190,4	22 994 737,7	26 093 407,8
SITP	21 242 983,8	21 481 301,7	19 851 770,9	20 102 089,3	18 713 994,6	18 928 235,1
Regiotram	1 645 959,2	1 982 761,2	1 615 542,2	1 944 234,9	1 554 041,9	1 876 850,3
MB	3 273 382,8	3 524 610,2	5 760 041,4	6 233 509,4	5 486 107,4	5 945 068,2
Intermunicipal	1 467 043,9	1 834 911,1	1 482 320,2	1 814 689,4	1 473 676,3	1 807 124,1

Fuente: MOVIUS

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a Día.

Tabla 106. Factor de expansión día

Factores de expansión	Día
Troncal	9,54
Zonal	11,15
Regiotram	9,54
Metro	9,54
Intermunicipal	11,15

Fuente: MOVIUS

Tabla 107. Indicador de tiempo de viaje del Transporte público por escenario en un día (Minutos)

Indicador	Visión 3 BC0 año 2032	Visión 3 BC0 año 2052	Visión 3 BC1 año 2032	Visión 3 BC1 año 2052	Visión 3 BC2 año 2032	Visión 3 BC2 año 2052
-----------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Indicador	Visión 3 BC0 año 2032	Visión 3 BC0 año 2052	Visión 3 BC1 año 2032	Visión 3 BC1 año 2052	Visión 3 BC2 año 2032	Visión 3 BC2 año 2052
Transmilenio	226 497 611	257 429 219	208 591 614	237 757 696	219 369 798	248 931 110
SITP	236 859 270	239 516 514	221 347 246	224 138 295	208 661 040	211 049 821
Regiotram	15 702 451	18 915 542	15 412 272	18 548 001	14 825 559	17 905 152
MB	31 228 072	33 624 782	54 950 795	59 467 680	52 337 465	56 715 951
Intermunicipal	16 357 540	20 459 259	16 527 870	20 233 787	16 431 490	20 149 434

Fuente: MOVIUS

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a Año.

Tabla 108. Factor de expansión año

Factores de expansión	Año
Troncal	298
Zonal	303
Regiotram	298
Metro	298
Intermunicipal	303

Fuente: MOVIUS

Tabla 109. Indicador de tiempo de viaje del Transporte público por escenario en un año

Indicador	Visión 3 BC0 año 2032	Visión 3 BC0 año 2052	Visión 3 BC1 año 2032	Visión 3 BC1 año 2052	Visión 3 BC2 año 2032	Visión 3 BC2 año 2052
Transmilenio	67 496 288 161	76 713 907 358	62 160 301 068	70 851 793 448	65 372 199 755	74 181 470 826
SITP	71 768 358 736	72 573 503 827	67 068 215 400	67 913 903 514	63 224 295 076	63 948 095 914
Regiotram	4 679 330 455	5 636 831 480	4 592 857 116	5 527 304 178	4 418 016 697	5 335 735 346
PLMB	9 305 965 427	10 020 184 930	16 375 336 939	17 721 368 510	15 596 564 531	16 901 353 287
Intermunicipal	4 956 334 479	6 199 155 389	5 007 944 569	6 130 837 545	4 978 741 576	6 105 278 359

Fuente: MOVIUS

Como se observa en el indicador obtenido para cada escenario, los escenarios 1 y 2 presentan menores tiempos de viaje de transporte público para las diferentes tipologías vehiculares evaluadas, en comparación con el escenario 0. En los escenarios con visión de ciudad y proyecto analizados y modelados, se obtuvo que el escenario 1 presenta los indicadores más bajos y óptimos al contar con los menores tiempos de viaje.

9.1.5.2.2. Distancia recorrida transporte público

Finalmente, se realizó el cálculo de los km partiendo del IPK utilizado en prefactibilidad para cada modo de transporte público:

Tabla 110. IPK al día

Modo	IPK sin metro	IPK con Metro
SITP Implementado (Zonal)	2,36	2,36
TransMilenio (Troncal)	10,03	10,03
Intermunicipal	0,44	0,44
Regiotram	2,20	2,40

Fuente: MOVIUS

Tabla 111. Indicador de distancia recorrida en la hora pico de la mañana 2032

Pasajeros (2032) Hora Pico de la mañana			
Modo	Sin Metro (E0)	Con Metro (E1)	Con Metro (E2)
SITP Implementado (Zonal)	444 576	419 815	394 690
TransMilenio (Troncal)	571 591	539 465	569 759
Regiotram	47 022	46 327	43 307
Distancia Recorrida km (2032) HMD			
Modo	Sin Metro (E0)	Con Metro (E1)	Con Metro (E2)
SITP Implementado (Zonal)	188 470	177 973	167 321

TransMilenio (Troncal)	56 965	53 763	56 783
Intermunicipal	60 435	60 435	60 435
Regiotram	21 374	19 303	18 045
PLMB	973,6	973,6	973,6
Ahorros km (2032)			
Modo	Base	Con Metro (E1)	Con Metro (E2)
SITP Implementado (Zonal)		-10 497	-21 148
TransMilenio (Troncal)		-3202	-183
Intermunicipal		0	0
Regiotram		-2071	-3329
Total		-15 190	-24 414
Distancia Recorrida km (2032) Expansión DIA			
Modo	Sin Metro (E0)	Con Metro (E1)	Con Metro (E2)
SITP Implementado (Zonal)	2 101 437	1 984 396	1 865 635
TransMilenio (Troncal)	543 447	512 903	541 705
Intermunicipal	673 854	673 854	673 854
Regiotram	203 904	184 150	172 145
PLMB	10670,6	10670,6	10670,6
Distancia Recorrida km (2032) Expansión año			
Modo	Sin Metro (E0)	Con Metro (E1)	Con Metro (E2)
SITP Implementado (Zonal)	636 735 552	601 272 079	565 287 274
TransMilenio (Troncal)	161 947 272	152 845 103	161 428 217
Intermunicipal	204 177 867	204 177 867	204 177 867
Regiotram	60 763 538	54 876 648	51 299 307
PLMB	3 499 975	3 499 975	3 499 975

Fuente: MOVIUS

Tabla 112. Indicador de distancia recorrida en la hora pico de la mañana para el año 2052

Pasajeros (2052) Hora Pico de la mañana			
Modo	Sin Metro (E0)	Con Metro (E1)	Con Metro (E2)
SITP Implementado (Zonal)	452 267	427 610	402 247
TransMilenio (Troncal)	647 738	612 522	643 054
Regiotram	54 362	53 550	50 333
Distancia Recorrida km (2052) HMD			
Modo	Sin Metro (E0)	Con Metro (E1)	Con Metro (E2)
SITP Implementado (Zonal)	191 730	181 277	170 525
TransMilenio (Troncal)	64 554	61 044	64 087
Intermunicipal	60 435	60 435	60 435
Regiotram	24 710	22 313	20 972
PLMB	973,6	973,6	973,6
Ahorros km (2052)			
Modo		Con Metro (E1)	Con Metro (E2)
SITP Implementado (Zonal)		-10 453	-21 205
TransMilenio (Troncal)		-3510	-467
Intermunicipal		0	0
Regiotram		-2398	-3738
Total		-16 846	-26 678
Distancia Recorrida km (2052) Expansión DIA			
Modo	Sin Metro (E0)	Con Metro (E1)	Con Metro (E2)
SITP Implementado (Zonal)	2 137 792	2 021 242	1 901 355
TransMilenio (Troncal)	615 845	582 363	611 392
Intermunicipal	673 854	673 854	673 854

Regiotram	235 733	212 861	200 074
PLMB	10670,6	10670,6	10670,6
Distancia Recorrida km (2052) Expansión Año			
Modo	Sin Metro (E0)	Con Metro (E1)	Con Metro (E2)
SITP Implementado (Zonal)	647 750 841	612 436 320	576 110 644
TransMilenio (Troncal)	183 521 788	173 544 137	182 194 683
Intermunicipal	204 177 867	204 177 867	204 177 867
Regiotram	70 248 553	63 432 653	59 621 955
PLMB	3 499 975	3 499 975	3 499 975

Fuente: MOVIUS

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la distancia recorrida por escenario para el Año.

Tabla 113. Resumen Indicadores de distancia recorrida en Año entre escenarios (km)

Modo	Escenario 0		Escenario 1		Escenario 2	
	Año 2032	Año 2052	Año 2032	Año 2052	Año 2032	Año 2052
SITP Troncal - distancia recorrida	161 947 272	183 521 788	152 845 103	173 544 137	161 428 217	182 194 683
SITP Zonal - distancia recorrida	636 735 552	647 750 841	601 272 079	612 436 320	565 287 274	576 110 644
Regiotram - distancia recorrida	60 763 538	70 248 553	54 876 648	63 432 653	51 299 307	59 621 955
MB - distancia recorrida	3 499 975	3 499 975	3 499 975	3 499 975	3 499 975	3 499 975
Intermunicipal - distancia recorrida	204 177 867	204 177 867	204 177 867	204 177 867	204 177 867	204 177 867

Fuente: MOVIUS

9.2. Análisis complementario B/C

9.2.1 Escenarios de oferta de transporte

A continuación, se presentan los proyectos que hacen parte de los escenarios analizados; se denominan 0 los escenarios sin L2MB y 1 los escenarios que contemplan la L2MB:

Tabla 114. Proyectos de transporte público

	2032	2042	2052
--	------	------	------



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

34 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VD

Proyecto	Oferta 2 - BC1	Oferta 2 - BC0	Oferta 2A - BC1	Oferta 2A - BC0	Oferta 3 - BC1	Oferta 3 - BC0
PLMB	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Extensión PLMB hasta Calle 100	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Troncal Av. 68	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tren de cercanías de Occidente – Regiotram de Occidente	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Av. Ciudad de Cali hasta Manuel Cepeda	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Soacha Fase 2 y 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Caracas Extensión Sur	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Av. Villavicencio entre Av. Boyacá y Autopista Sur	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Troncal Calle 13	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Autopista Norte entre Calle 200 y 245	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SITP al 100 %	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Carrera Séptima Verde	✓	✓	✓	✓	✓	✓
L2MB	✓		✓		✓	
Reestructuració de Rutas por Proyecto L2MB	✓		✓		✓	
Troncal Calle 80 extensión – Intercambiador Modal 80	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Proyecto	2032		2042		2052	
	Oferta 2 - BC1	Oferta 2 - BC0	Oferta 2A - BC1	Oferta 2A - BC0	Oferta 3 - BC1	Oferta 3 - BC0
Troncal Américas Conexión	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Regiotram del Norte	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Av. Cali entre AC 6 y AC 80	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Troncal El Dorado Extensión	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PLMB – Extensión Calle 100 - 200			✓	✓	✓	✓
Corredor Férreo del Sur (L3MB)					✓	✓
Transporte masivo Av. Boyacá (L4MB)					✓	✓
Calle 170					✓	✓
Calle 63					✓	✓
Calle 127					✓	✓
Troncal ALO Sur					✓	✓

Fuente: MOVIUS

9.2.2 Escenarios de Demanda

Los insumos recibidos por parte de la SDM corresponden a vectores de población y usos del suelo divididos en 3 visiones; la tercera de ellas fue realizada conjuntamente por la Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM) y considera el crecimiento de Bogotá y los municipios aledaños y la actualización de la población de acuerdo con el último Censo de Población y Vivienda DANE 2018.

Los vectores de población están anualmente y los vectores de usos del suelo están para para la visión 3 se utilizan los suministrado por la SDM.

Para obtener los valores de los vectores en los cortes temporales para los escenarios a modelar, se realizará un proceso de interpolación de los años con los que se cuenta la información.

9.2.3 Parámetros operativos

Los parámetros con los cuales se ha corrido el modelo para el análisis Beneficio - Costo se han utilizado los mismos parámetros que se han explicados anteriormente.

9.2.4 Resultados de demanda análisis beneficio/ costo

Para efectos de definir indicadores para la evaluación beneficio costo, se realizaron las corridas del modelo bajo el denominado Escenario 0, el cual como se explicó anteriormente es la base para cuantificar los beneficios respecto a los otros dos escenarios evaluados. A continuación, se presentan los indicadores calculados, estos se convinieron con otras áreas técnicas tales como el área financiera de acuerdo con sus requerimientos para hacer la evaluación B/C.

9.2.4.1. Indicadores Vehículos Privados

Para todos los escenarios de oferta y demanda se realizaron las estimaciones de tiempos de viajes. Los resultados correspondientes con cada visión y oferta, se encuentran en el modelo correspondiente, y en los Anexos al informe .

9.2.4.1.1. Tiempos de Viaje

Para vehículos privados del modelo se obtuvo el indicador de tiempo de viaje por vehículo en minutos (tiempo @Tipo vehículo Estrato), con el fin de identificar el tiempo de viaje de los usuarios de cada tipo de vehículo este se afectó por la ocupación promedio, con los cual se obtuvo el tiempo de viaje de los usuarios de cada tipología vehicular.

Tabla 115. Ocupación promedio por tipo de vehículo privado

Tasa Media de ocupación	Persona/Vehículo
Auto	1,5065
Taxi Ocupado	1,7626
Moto	1,2265
Camión Pequeño	1,0000
Taxi Vacío	1,0000

Fuente: MOVIUS

En la siguiente tabla se muestra el tiempo de viaje de los usuarios por cada tipo de vehículo privado en minutos.

Tabla 116. Indicador de tiempo de viaje por escenario en la HMD (Minutos)

Indicador	E0- Visión 3 Oferta 2 sin L2MB y sin RR, año 2032	E1-Visión 3 Oferta 2, año 2032	E0-Oferta 2A, sin L2MB y sin RR, año 2042	E1-Visión 3 Oferta 2A, año 2042	E0-Oferta 3, sin L2MB y sin RR, año 2052	E1-Visión 3 Oferta 3, año 2052
Auto	7 272 218,7	7 164 354,2	8 085 033,0	7 972 897,5	7 971 221,3	7 854 376,2
Taxi	1 564 396,7	1 542 283,5	1 680 242,3	1 657 955,0	1 593 695,2	1 572 905,9
Taxi vacío	649 889,0	644 640,9	676 600,9	672 255,0	642 705,3	638 404,2
Moto	797 093,2	790 656,3	829 855,5	824 525,2	788 282,3	783 007,0
Camión pequeño	408 141,6	406 159,3	428 421,8	426 815,6	416 843,4	414 888,6

Fuente: MOVIUS

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a Día.

Tabla 117. Factor de expansión a día

Factores de expansión	Día
Auto	17,89
Moto	22,68
Taxi Ocupado	22,7
Taxi Vacío	22,7
Camion Pequeño	10,95

Fuente: MOVIUS

Tabla 118 Indicador de tiempo de viaje por escenario en un día (Minutos)

Items	E0- Visión 3 Oferta 2 sin L2MB y sin RR, año 2032	E1-Visión 3 Oferta 2, año 2032	E0-Oferta 2A, sin L2MB y sin RR, año 2042	E1-Visión 3 Oferta 2A, año 2042	E0-Oferta 3, sin L2MB y sin RR, año 2052	E1-Visión 3 Oferta 3, año 2052
Auto	130 099 992	128 170 297	144 641 240	142 635 136	142 605 150	140 514 789
Taxi	35 511 805	35 009 836	38 141 499	37 635 578	36 176 881	35 704 964
Taxi vacío	14 752 480	14 633 348	15 358 840	15 260 189	14 589 410	14 491 775
Moto	18 078 073	17 932 086	18 821 122	18 700 232	17 878 243	17 758 598
Camión pequeño	4 469 151	4 447 444	4 691 219	4 673 631	4 564 435	4 543 030

Fuente: MOVIUS

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a Año.

Tabla 119. Factor de expansión a año

Factores de expansión	Año
Auto	343
Moto	279
Taxi Ocupado	329
Taxi Vacío	329
Camion Pequeño	322

Fuente: MOVIUS

Tabla 120. Indicador de tiempo de viaje por escenario en un año (Minutos)

Items	E0- Visión 3 Ofert 2 sin L2MB y sin RR, año 2032	E1-Visión 3 oferta 2, año 2032	E0-Oferta 2A, sin L2MB y sin RR, año 2042	E1-Visión 3 oferta 2A, año 2042	E0-Oferta 3, sin L2MB y sin RR, año 2052	E1-Visión 3 oferta 3, año 2052
Auto	44 624 297 206	43 962 411 834	49 611 945 317	48 923 851 807	48 913 566 384	48 196 572 739
Taxi	11 683 383 908	11 518 236 199	12 548 553 323	12 382 105 144	11 902 193 939	11 746 933 172
Taxi vacío	4 853 566 019	4 814 371 633	5 053 058 501	5 020 602 017	4 799 915 992	4 767 794 087
Moto	5 043 782 335	5 003 051 881	5 251 093 137	5 217 364 648	4 988 029 708	4 954 648 912
Camión pequeño	1 439 066 467	1 432 077 076	1 510 572 425	1 504 909 124	1 469 748 144	1 462 855 715

Fuente: MOVIUS

9.2.4.1.2. Indicadores Distancia recorrida

Para vehículos privados del modelo se obtuvo el indicador de distancia recorrida en kilómetros (distancia @Tipo vehículo Estrato).

Tabla 121. Indicador de distancia recorrida por escenario en la HMD (km)

Indicador	E0- Visión 3 Ofert 2 sin L2MB y sin RR, año 2032	E1-Visión 3 oferta 2, año 2032	E0-Oferta 2A, sin L2MB y sin RR, año 2042	E1-Visión 3 oferta 2A, año 2042	E0-Oferta 3, sin L2MB y sin RR, año 2052	E1-Visión 3 oferta 3, año 2052
Carro	1 401 946,6	1 391 671,4	1 494 006,7	1 483 922,6	1 552 311,5	1 541 136,7
Taxi	236 982,9	235 307,7	244 400,7	242 609,1	243 316,3	241 798,9
Taxi vacío	180 174,3	180 220,8	179 887,4	180 013,6	179 320,0	179 483,7
Moto	497 019,3	492 298,2	513 295,8	509 754,0	515 816,2	511 982,9
Camión pequeño	143 547,4	143 507,8	145 372,8	145 262,1	146 676,7	146 646,8

Fuente: MOVIUS

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a Día.

Tabla 122. Factor de expansión a día

Factores de expansión	Día
Auto	17,89
Moto	22,68
Taxi Ocupado	22,7
Taxi Vacío	22,7
Camion Pequeño	10,95

Fuente: MOVIUS

Tabla 123. Indicador de distancia recorrida por escenario en un día (km)

Indicador	E0- Visión 3 Oferta 2 sin L2MB y sin RR, año 2032	E1-Visión 3 Oferta 2, año 2032	E0-Oferta 2A, sin L2MB y sin RR, año 2042	E1-Visión 3 Oferta 2A, año 2042	E0-Oferta 3, sin L2MB y sin RR, año 2052	E1-Visión 3 Oferta 3, año 2052
Carro	25 080 825	24 897 001	26 727 780	26 547 375	27 770 853	27 570 936
Taxi	5 379 512	5 341 484	5 547 895	5 507 227	5 523 279	5 488 834
Taxi vacío	4 089 957	4 091 012	4 083 444	4 086 309	4 070 564	4 074 280
Moto	11 272 397	11 165 323	11 641 548	11 561 220	11 698 711	11 611 771
Camión pequeño	1 571 844	1 571 410	1 591 832	1 590 620	1 606 110	1 605 782

Fuente: MOVIUS

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a Año.

Tabla 124. Factor de expansión año

Factores de expansión	Año
Auto	343
Moto	279
Taxi Ocupado	329
Taxi Vacío	329
Camion Pequeño	322

Fuente: MOVIUS

Tabla 125. Indicador distancia recorrida por escenario en un año

Indicador	E0- Visión 3 Oferta 2 sin L2MB y sin RR, año 2032	E1-Visión 3 Oferta 2, año 2032	E0-Oferta 2A, sin L2MB y sin RR, año 2042	E1-Visión 3 Oferta 2A, año 2042	E0-Oferta 3, sin L2MB y sin RR, año 2052	E1-Visión 3 Oferta 3, año 2052
Carro	8 602 722 863	8 539 671 462	9 167 628 493	9 105 749 733	9 525 402 488	9 456 830 898
Taxi	1 769 859 467	1 757 348 122	1 825 257 449	1 811 877 691	1 817 158 825	1 805 826 351
Taxi vacío	1 345 595 725	1 345 943 001	1 343 453 069	1 344 395 569	1 339 215 556	1 340 438 117
Moto	3 144 998 712	3 115 125 040	3 247 991 973	3 225 580 454	3 263 940 232	3 239 684 246
Camión pequeño	506 133 778	505 994 152	512 569 956	512 179 638	517 167 377	517 061 952

Fuente: MOVIUS

9.2.4.2. Indicadores Transporte Público

9.2.4.2.1. Tiempos de Viaje transporte público

Para el cálculo de Tiempo de viaje total en transporte público (en minutos), se realizó la suma de tiempos de abordaje ($\text{actual_total_boarding_times modo}$), tiempo en vehículo ($\text{actual_in_vehicle_times modo}$) y tiempo de caminata ($\text{actual_aux_transit_times modo p}$) el cual se distribuyó según los abordajes de cada modo.

Tabla 126. . Indicador de tiempo de viaje del Transporte público por escenario en la HMD (Minutos)

Indicador	E0- Visión 3 Oferta 2 sin L2MB y sin RR, año 2032	E1-Visión 3 Oferta 2, año 2032	E0-Oferta 2A, sin L2MB y sin RR, año 2042	E1-Visión 3 Oferta 2A, año 2042	E0-Oferta 3, sin L2MB y sin RR, año 2052	E1-Visión 3 Oferta 3, año 2052
Transmilenio	24 828 282,2	22 994 737,7	25 021 534,1	22 982 661,8	21 885 969,5	20 157 745,8
SITP	19 950 842,8	18 713 994,6	20 053 033,5	18 702 810,1	18 077 143,5	16 791 266,3
Regiotram	1 585 871,7	1 554 041,9	1 750 065,5	1 711 086,4	1 848 034,2	1 805 163,1
MB	3 153 877,9	5 486 107,4	5 054 744,9	7 770 148,8	9 891 021,8	12 204 092,8
Intermunicipal	1 460 017,1	1 473 676,3	1 597 227,6	1 605 919,0	1 731 966,5	1 731 837,5

Fuente: MOVIUS

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a día.

Tabla 127. Factor de expansión día

Factores de expansión	Día
Troncal	9,54
Zonal	11,15
Regiotram	9,54
Metro	9,54
Intermunicipal	11,15

Fuente: MOVIUS

Tabla 128. Indicador de tiempo de viaje del Transporte público por escenario en un día (Minutos)

Indicador	E0- Visión 3 Ofert 2 sin L2MB y sin RR, año 2032	E1-Visión 3 oferta 2, año 2032	E0-Oferta 2A, sin L2MB y sin RR, año 2042	E1-Visión 3 oferta 2A, año 2042	E0-Oferta 3, sin L2MB y sin RR, año 2052	E1-Visión 3 oferta 3, año 2052
Transmilenio	236 861 812	219 369 798	238 705 435	219 254 593	208 792 149	192 304 895
SITP	222 451 897	208 661 040	223 591 324	208 536 333	201 560 150	187 222 619
Regiotram	15 129 216	14 825 559	16 695 625	16 323 764	17 630 246	17 221 256
MB	30 087 995	52 337 465	48 222 266	74 127 220	94 360 348	116 427 045
Intermunicipal	16 279 190	16 431 490	17 809 088	17 905 996	19 311 426	19 309 988

Fuente: MOVIUS

Con base en los factores de expansión calculados se procede a realizar la expansión a Año.

Tabla 129. Factor de expansión a año

Factores de expansión	Año
Troncal	298
Zonal	303
Regiotram	298
Metro	298
Intermunicipal	303

Fuente: MOVIUS

Tabla 130. Indicador de tiempo de viaje del Transporte público por escenario en un año

Indicador	E0- Visión 3 Oferta 2 sin L2MB y sin RR, año 2032	E1-Visión 3 Oferta 2, año 2032	E0-Oferta 2A, sin L2MB y sin RR, año 2042	E1-Visión 3 Oferta 2A, año 2042	E0-Oferta 3, sin L2MB y sin RR, año 2052	E1-Visión 3 Oferta 3, año 2052
Transmilenio	70 584 820 082	65 372 199 755	71 134 219 701	65 337 868 812	62 220 060 438	57 306 858 658
SITP	67 402 924 699	63 224 295 076	67 748 171 048	63 186 508 924	61 072 725 355	56 728 453 607
Regiotram	4 508 506 425	4 418 016 697	4 975 296 210	4 864 481 775	5 253 813 302	5 131 934 410
PLMB	8 966 222 434	15 596 564 531	14 370 235 310	22 089 911 484	28 119 383 575	34 695 259 394
Intermunicipal	4 932 594 660	4 978 741 576	5 396 153 677	5 425 516 924	5 851 362 139	5 850 926 420

Fuente: MOVIUS

9.2.4.2.2. Distancia recorrida transporte público

Se realizó el cálculo de los km partiendo del IPK utilizado en prefactibilidad para cada modo de transporte, en la siguiente tabla se muestran los resultados de distancia recorrida al año, para transporte público.

Tabla 131. . Resumen Indicadores de distancia recorrida en Año entre escenarios (km)

Indicador	E0- Visión 3 Ofert 2 sin L2MB y sin RR, año 2032	E1-Visión 3 oferta 2, año 2032	E0-Oferta 2A, sin L2MB y sin RR, año 2042	E1-Visión 3 oferta 2A, año 2042	E0-Oferta 3, sin L2MB y sin RR, año 2052	E1-Visión 3 oferta 3, año 2052
Transmilenio	170 060 346	161 428 217	175 136 153	165 297 050	162 811 137	154 475 084
SITP	597 629 662	565 287 274	604 928 192	570 242 793	558 817 743	526 180 205
Regiotram	56 891 999	51 299 307	61 895 539	55 634 760	63 265 309	56 853 662
PLMB	3 485 596	3 485 596	4 955 183	4 955 183	4 955 183	4 955 183
L2MB		2 820 904		2 820 904		2 820 904
L3MB					3 564 683	3 564 683
L4MB					5 654 027	5 654 027
Intermunicipal	204 177 867	204 177 867	204 177 867	204 177 867	204 177 867	204 177 867

Fuente: MOVIUS

10. CONCLUSIONES

- La estimación de demanda para el estudio de factibilidad se realizó bajo una propuesta de reorganización de rutas en el área de influencia del proyecto, con la premisa de generar complementariedad entre la L2MB y los demás sistemas; no obstante, corresponde a una propuesta socializado y acordada con TMSA, se recomienda que en etapas de diseño operacional definitivo se analicen con un mayor nivel de detalle.
- La estación que presentará mayor cantidad de abordajes iniciales en todos los cortes temporales es la ALO Sur, mientras que la estación con la mayor cantidad de abordajes por transferencias es la Calle 72. Además, esta última estación será la que cuente con mayor número de descensos finales y por transbordo de toda la línea.
- Después de analizar las cargas de manera independiente del corredor de la Línea 2 del metro de Bogotá, es importante destacar que la cantidad de pasajeros irá en aumento hasta el año 2042 para luego tener un decrecimiento en los siguientes dos

cortes temporales (2047 y 2052). Esto como se menciona, debido al incremento de oferta de proyectos de transporte.

- La estimación de demanda de la L2MB en el modelo es sensible a variaciones en el parámetro del tiempo de acceso a estaciones y tiempo de transferencia. Para el caso de tiempo de acceso a estaciones, al disminuir el tiempo se observó un aumento de aproximadamente el 8% siendo las estaciones Av. 68, Av. Boyacá, Av. Cali y Calle 80 las que presentan mayor efecto con un incremento en la cantidad de usuarios entre el 14% y el 10%. Con el incremento de tiempo de acceso los abordajes totales tienen una disminución del orden del 12 %.
- Para el caso de aplicar una penalidad (+ 20% o - 20%) en transferencias, al reducir el tiempo de transferencia, la demanda entre las estaciones NQS, Av. 68, Av. Boyacá, Av. Cali, Calle 80 y Carrera 91 se incrementa entre el 5% y 23% con respecto al promedio, dependiendo la estación analizada. Caso contrario ocurre cuando la transferencia aumenta, generando una reducción de la demanda entre el 1% y 14% aproximadamente.
- Una vez analizada la cantidad de viajes producidos y atraídos por Bogotá y municipios aledaños para cada corte temporal, se tiene que Bogotá y Soacha aportan casi la totalidad de viajes, sin embargo, se debe prestar atención al crecimiento de los viajes en municipios como Zipaquirá, Mosquera y Cajicá puesto que para 2052 se espera un crecimiento de cerca del 60% con respecto a 2032.
- Teniendo en cuenta la matriz de viajes entre estaciones para cada corte temporal, se observa que la mayor cantidad de viajes se origina en las estaciones Carrera 91, ALO Norte y ALO Sur, mientras que la estación destino con las mayores cifras son las de la Calle 72.
- Se concluye que el año con mayor carga para el sistema de la L2MB es el 2042, por lo cual en las siguientes conclusiones se muestran los datos más relevantes de este año:
 - La estación con mayor número de primeros abordajes corresponde a 9. ALO Sur con 11 091 abordajes. Para este mismo año, la estación con mayor número de abordajes por transferencia, es decir provenientes de otro sistema de transporte público es 1. Calle 72 con 9811 abordajes. La estación que tiene mayor número de abordajes totales es 10. ALO Norte con 11 753.
 - El mayor número descensos finales y descensos – transferencia coinciden en la estación 1. Calle 72 con 6073 y 26 455 respectivamente, para un total de 32 528.
 - El tramo de mayor carga en el sentido Norte - Sur, corresponde al tramo entre Av. Boyacá y Av. 68 con 43 924 pasajeros en la HMD. En el sentido

Sur - Norte, se tiene que el tramo entre la estación Calle 72 y NQS es el más cargado con 10 098 pasajeros.

- La dinámica correspondiente a los viajes entre estaciones se evidencia con mayor volumen de pasajeros desde la estación 7. Carrera 91 hasta la 1. Calle 72 con una demanda de 6819 pasajeros en la hora de máxima demanda. Por otro lado las estaciones 9. ALO Sur y 10. ALO Norte, también representan un punto de origen significativo hacia el destino de la estación 1. Calle 72 con 6227 y 5657 pasajeros respectivamente.
- Las transferencias desde y hacia el Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá son: para Transmilenio 583 414 pasajeros, transporte intermunicipal 33 000 pasajeros, SITP 398 150, Metro 223 358 y Regiotram 46 957.
- Una vez expandida la demanda se tiene que las estaciones ALO Sur y ALO Norte, presentan la demanda más alta del sistema con valores superiores a los 100 000 abordajes por día en los diferentes cortes temporales analizados. En cuanto a los abordajes totales presentados expandidos a un año, se observa que de acuerdo a la proporcionalidad y su proyección, las estaciones ALO Sur y ALO Norte presentan la demanda más alta del sistema, con valores superiores a los 30 000 000 de abordajes por año en los diferentes cortes temporales analizados, seguidos por la Estación Carrera 91 y los cortes 2037 y 2042 de la Estación Calle 72, con valores superiores a 25000 000 de abordajes al año
- Se estima que los abordajes en modos no motorizados a la L2MB se presentan en la estación 9. ALO Sur. Con un total de 10 991 abordajes a pie y 100 abordajes en modo bici.
- El análisis de sensibilidad genera una franja de cargas máxima y mínima de la L2MB, lo que permite tener diferentes rangos de datos para la formulación del sistema de operación de la L2MB; con los datos críticos mínimos y máximo de carga se genera un sistema de operación óptimo para el sistema.
- Los datos máximos y mínimos de carga de la L2MB, se obtienen con la sensibilidad de tiempo de acceso a estaciones; por lo cual se tiene como la carga máxima del sistema de la L2MB de 49 709 usuarios. Se sugiere que el análisis operacional y de dimensionamiento se realice sobre el límite superior de carga de la L2MB obtenido de la sensibilidad de tiempo de acceso a estaciones con el valor mínimo de 2,5 minutos.
- Del Análisis de sensibilidades para la variables de tiempo de acceso y penalidades, se concluye que la en términos de carga máxima la penalidad de transferencias (Carga máxima 46 327) es menor que el de la sensibilidad de tiempo de acceso

(Carga máxima 49 709). Por lo anterior y con el fin de generar una óptima operación de sistema, se sugiere que el análisis operacional y de dimensionamiento se realice sobre el límite superior de carga de la L2MB la cual se obtuvo con la sensibilidad de tiempo de acceso.

- Como se evidencia en los datos de sensibilidades, al mejorar la accesibilidad del sistema tanto en transferencias como en tiempos de acceso se tiene un incremento de las carga máxima de la L2MB; por lo cual es importante para el proyecto generar infraestructura o utilizar tecnología que reduzca estos tiempos, de conectividad lo cual se plantea desarrollar a través de módulos de acceso satelitales ubicados en diferentes extremos del entorno urbano para generar cruces seguros de los usuarios e ingreso a las estaciones de forma rápida y organizada. Todos los módulos de acceso se proyectan con áreas para la ubicación de escaleras fijas, escaleras eléctricas y ascensores.
- La estimación de ciclo parqueaderos se toma a partir de la demanda más crítica encontrada de los 5 cortes temporales evaluados. Para este cálculo se ha hecho un análisis con diferentes metodologías. Con la primera a partir de indicadores de la EODH de 2019, se tiene que las estaciones con mayor número de ciclo parqueaderos corresponden a ALO Sur y ALO Norte con 1500 espacios de bici parqueaderos. Por otro lado, de acuerdo con la guía de ciclo infraestructura se tiene que las estaciones con mayor número de espacios son igualmente ALO Sur y ALO Norte con 2250 bici parqueaderos.

11. BIBLIOGRAFÍA

Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. (2021, Julio 11). Apoyo del Gobierno Nacional A la Actualización del Programa Integral de Movilidad de La Región Bogotá - Cundinamarca (PIMRC=). *CONPES 4034*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Ministerio de Transporte.

Empresa Metro de Bogotá. (2009). 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 público -SITP para la ciudad de Bogotá. Bogotá D.C: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.

Empresa Metro de Bogotá. (2022). *Metro de Bogotá*. Retrieved from Metro de Bogotá: <https://www.metrodebogota.gov.co/>

Google COVID-19 Community Mobility Reports. (2021). *Google COVID-19 Community Mobility Reports*. Retrieved from <https://www.google.com/covid19/mobility/>

Secretaria Distrital de Movilidad. (2022). *Viajes generados por ZAT en EODH vs. ACM*. Bogotá D.C.

Secretaria Distrital de Movilidad. (2022). *Zonas de Análisis de Transporte ZAT del área de estudio*. Bogotá D.C.

Steer Davies. (2019). *Encuesta de Movilidad 2019*. Encuesta de Movilidad 2019. Bogotá D.C, Cundinamarca, Colombia: Secretaria Distrital de Movilidad.

Steer Davies. (2020). *Estudio de Prefactibilidad Segunda Línea del Metro de Bogotá*. Bogota D.C: Financiera de Desarrollo Nacional.

12. ANEXOS

- Anexo 0. Directorio EMME
- Anexo 1. Modelo Aval Técnico
- Anexo 2. Fichas de Reestructuración de Rutas
- Anexo 3. Resumen de Resultados Estimación de Demanda Aval Técnico
- Anexo 4. Transferencia - Modal Estaciones
- Anexo 5. Estimación de Factores de Expansión
- Anexo 6. Viajes Producidos y atraídos de los Municipios
- Anexo 7. Número de Transferencias, Abordajes y Descensos por Estación
- Anexo 8. Perfil de Carga y Cargas Máximas
- Anexo 9. Matriz de Viajes entre Estaciones
- Anexo 10. Indicadores de tiempo de viaje
- Anexo 11. Participación Modal
- Anexo 12. Análisis de Sensibilidades
- Anexo 13. Estimación Cicloparqueaderos
- Anexo 14. Beneficio – Costo
- Anexo 15 Hoja de calibración