

Análisis de Transporte y Formulación de alternativas



Fuente: Empresa Metro de Bogotá

Análisis de Transporte y Formulación de alternativas

Preparado por:

Unión Temporal Egis Steer
Metro de Bogotá
Carrera 15 # 93A-62 Oficina 602
Teléfono. 746 04 03
Bogotá D.C. Colombia

+57 1 7460403

Preparado para:

Financiera de Desarrollo Nacional - FDN
Av. Carrera 7 No. 71 - 42
Torre B Piso 6
Bogotá D.C. Colombia

Cliente ref: Contrato FDN 033 de 2020
Nuestra ref: 23858501

Este documento fue preparado por la Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá para Financiera de Desarrollo Nacional - FDN. La información contenida en este documento debe considerarse confidencial, cada destinatario reconoce la confidencialidad de la información aquí incluida y se compromete a no divulgarla de ninguna manera. Cualquier persona o institución que utilice cualquier parte de este documento sin el consentimiento expreso por escrito de Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá, se considerará que otorga su conformidad a indemnizar a la Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá por todas las pérdidas o daños que resulten de dicha utilización. La Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá ha llevado a cabo su propio análisis utilizando toda la información disponible en el momento de elaboración del presente documento y señala que la llegada de nuevos datos e información podría alterar la validez de los resultados y conclusiones que aquí se presentan. Por lo tanto, La Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá no se responsabiliza de los cambios en la validez de los resultados y conclusiones debido a eventos y circunstancias actualmente imprevisibles.



Contenido

1	Introducción	11
	Glosario y abreviaturas.....	12
2	Contexto y definiciones clave	14
	Prospectiva	14
	Visiones de ciudad.....	16
	Oferta de transporte público.....	18
	Prospectivas incluidas en fase 1	24
	Batería de indicadores.....	29
3	Identificación de la(s) zona(s) hacia donde debe expandirse la PLMB-	31
	Metodología utilizada.....	31
	Eta 1 - Análisis de transporte.....	32
	Eta 2 – Batería de indicadores.....	52
	Eta 3 – Cálculo de los pesos relativos para cada criterio e indicador	61
	Eta 4- Evaluación y selección de Zona de Expansión priorizada	70
4	Identificación y caracterización de alternativas funcionales de trazado, tipología	101
	Metodología desarrollada	101
	Identificación y caracterización de alternativas	125
	Definición de criterios de evaluación e indicadores.....	156
	Resultados evaluación final	169
	Evaluación multidimensional	213
5	Bibliografía	2

Figuras

Figura 1.1: Resumen de actividades del informe	12
Figura 1.2: Resumen fases de la Consultoría.....	12
Figura 2.1: Prospectivas de análisis en Fase 1	14
Figura 2.2: Esquema de planificación por escenarios.....	15

Figura 2.3: Población para 2050 - Visión 1	16
Figura 2.4. Población para 2050 – Visión 2.....	16
Figura 2.5: m2 comerciales para 2050 – Visión 1	17
Figura 2.6: m2 comerciales para 2050 – Visión 2	17
Figura 2.7: Orígenes (verde) y destinos (rojo) de los viajes de TPu HPAM en día típico para 2030 - Visión 2018	18
Figura 2.8: Orígenes (verde) y destinos (rojo) de los viajes de TPu HPAM en día típico para 2030 - Visión 2014	18
Figura 2.9: Proyectos de transporte público Oferta 1	20
Figura 2.10: Mapa de proyectos de transporte público Oferta 2.....	21
Figura 2.11: Proyectos de transporte público Oferta 3	22
Figura 2.12: Proyectos de infraestructura vial.....	24
Figura 2.13: Estructura del modelo de transporte	27
Figura 2.14: Batería de indicadores para evaluación de actividad 1	29
Figura 2.15: Batería de indicadores para evaluación de actividad 2	30
Figura 3.1: Esquema metodológico para selección de Zona de Expansión	31
Figura 3.2: Esquema de trazado de la PLMB-T1	33
Figura 3.3: Cantidad de hogares por Localidad	34
Figura 3.4: Cantidad de personas mayores de 5 años por localidad de Bogotá.....	35
Figura 3.5: Viajes motorizados generados por localidad en la HPAM.....	36
Figura 3.6: Viajes motorizados atraídos por localidad en la HPAM.....	36
Figura 3.7: Viajes motorizados totales por localidad en la HPAM.....	37
Figura 3.8: Viajes totales en modos motorizados HPAM por localidad y por UTAM	38
Figura 3.9: Tiempo promedio de viaje en minutos por modo de transporte principal en el área de estudio	39
Figura 3.10: Relaciones Origen-Destino totales (izq) y predominantes (der) de viajes motorizados para la HPAM entre localidades	40
Figura 3.11: Cantidad de viajes en transporte público en un día por UTAM	41
Figura 3.12: Viajes totales (generados y atraídos) en transporte público HPAM por localidad.....	42
Figura 3.13: Viajes totales en transporte público HPAM por localidad y por UTAM	43
Figura 3.14: Tasa de viajes en transporte público por persona que viaja por UTAM en Bogotá	44

Figura 3.15: Origen de viajes en transporte público HPAM	45
Figura 3.16: Destino de viajes en transporte público HPAM.....	45
Figura 3.17: Cargas en el transporte público de la red de Bogotá	46
Figura 3.18: Índice de necesidades de transporte para cada UPZ y Localidad de Bogotá	50
Figura 3.19: Localidades a analizar para la selección de las(s) zona(s) de expansión de la PLMB-T1	51
Figura 3.20: Esquema metodológico de descripción de criterios e indicadores	53
Figura 3.21: Esquema metodológico del cálculo de indicadores para el componente del modelo de transporte	55
Figura 3.22: Propuesta de corredores por posible Zona de Expansión de la PLMB – T1	57
Figura 3.23: Ejemplo descripción de criterios en el cuestionario realizado	62
Figura 3.24: Ejemplo de tarjeta PD para la priorización de criterios.....	63
Figura 3.25: Ejemplo de comparación por pares para la definición de pesos para los indicadores	65
Figura 3.26: Concepto del ejercicio de evaluación de zona	71
Figura 3.27: Ejemplo de afectación de los corredores incluidos para la zona de suba	74
Figura 3.28: Trasbordos análisis de corredores zona de Engativá – Corredor Calle 80 (Con troncal)	76
Figura 3.29: Trasbordos análisis de corredores zona de Engativá – Corredor Calle 80 (Sin troncal)	77
Figura 3.30: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Engativá – Corredor Calle 80 (Con troncal).....	78
Figura 3.31: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Engativá – Corredor Calle 80 (Sin troncal).....	79
Figura 3.32. Trasbordos análisis de corredores zona de Suba – Corredor Calle 80 (Con TM).....	80
Figura 3.33. Trasbordos análisis de corredores zona de Suba – Corredor Calle 80 (Sin TM)	81
Figura 3.34: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Suba– Corredor Calle 80 (Con troncal)	82
Figura 3.35: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Suba– Corredor Calle 80 (Sin troncal)	83
Figura 3.36. Trasbordos análisis de corredores zona de Suba – Corredor Av. Suba (Con troncal) ..	84
Figura 3.37: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Suba– Corredor Av. Suba (Con Troncal)	86
Figura 3.38: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Suba– Corredor Av. Suba (Sin Troncal)	87

Figura 3.39. Trasbordos análisis de corredores zona de Usaqué – Corredor Autopista Norte (Con troncal).....	88
Figura 3.40. Trasbordos análisis de corredores zona de Usaqué – Corredor Autopista Norte (Sin troncal).....	89
Figura 3.41. Cargas máximas de corredores zona de Usaqué – Corredor Autopista Norte (Con troncal).....	90
Figura 3.42. Cargas máximas de corredores zona de Usaqué – Corredor Autopista Norte (Sin Troncal).....	91
Figura 3.43: Resultados para el indicador Pasajeros Transportados en metro para la Zona de Expansión.....	92
Figura 3.44: Resultados para el indicador Ahorro en tiempo de viaje en metro para la Zona de Expansión.....	93
Figura 3.45: Resultados para el Conectividad ofertada por la red de metro para la Zona de Expansión.....	94
Figura 3.46: Resultados para el indicador de intermodalidad para la Zona de Expansión	95
Figura 3.47: Resultados para el indicador de mejora en la Saturación de la red para la Zona de Expansión.....	96
Figura 4.1: Esquema para la identificación y caracterización de las Alternativas - Actividad 2	102
Figura 4.2: Nodo común para el desarrollo de alternativas de Expansión PLMB-T1	103
Figura 4.3: Corredores entre Nodo de inicio y Zona de Expansión (Suba)	104
Figura 4.4: Sección Vial V0 con sistema metro elevado o subterráneo - POT Bogotá.	107
Figura 4.5: Sección Vial V1 con sistema metro elevado o subterráneo - POT Bogotá.	109
Figura 4.6: Sección Vial V2 con sistema metro elevado o subterráneo - POT Bogotá.	111
Figura 4.7: Sección Canal Rionegro.....	113
Figura 4.8: Humedal Juan Amarillo.....	114
Figura 4.9: Humedal Córdoba	116
Figura 4.10: Humedal La Conejera.....	117
Figura 4.11: Humedal Santa Maria del Lago.....	118
Figura 4.12: Reserva Thomas Van Der Hammen	120
Figura 4.13: Zona de protección río Bogotá	121
Figura 4.14 Alternativas patio taller	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4.15 Alternativa A- Calle 80/ALO	126
Figura 4.16: Alternativa B - Calle 80/ALO	127

Figura 4.17: Alternativa C - Calle 80/ALO	129
Figura 4.18: Alternativa D - Calle 80/Av. Ciudad de Cali.....	130
Figura 4.19: Alternativa E - Calle 80/Av. Ciudad de Cali	132
Figura 4.20: Alternativa F - Calle 80/Av. Ciudad de Cali	134
Figura 4.21: Alt G - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali.....	136
Figura 4.22: Alternativa H - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali	137
Figura 4.23: Alternativa I - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali	139
Figura 4.24: Alternativa J - Autopista Norte / Calle 100 / Av. Suba	141
Figura 4.25: Pendientes elevadas Av. Suba	142
Figura 4.26: Alternativa K - Autonorte – Calle 100 – Av. Suba	143
Figura 4.27: Alternativa L - Canal Rionegro / Av. Ciudad de Cali	145
Figura 4.28: Alternativa M - Canal Rionegro / Av. Ciudad de Cali	146
Figura 4.29: Pendientes elevadas Av. El Rincón	147
Figura 4.30: Alternativa N - Autonorte / Cl 127 / Av. Rincón / Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a Cl 100)	148
Figura 4.31: Alternativa O - Autonorte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a Cl 100)	149
Figura 4.32: Avenida Cl 72 – Av. Ciudad de Cali	151
Figura 4.33: Alternativa Q - Ext Línea 1 hasta Cl 100. Autonorte / Calle 100 / Av. 68 / Calle 80 / Av. Ciudad de Cali	152
Figura 4.34: Alternativa R - Ext Línea 1 hasta Cl 100. Autonorte / Calle 100 / Av. 68 / Calle 80 / Av. Ciudad de Cali	153
Figura 4.35: Grupos de alternativas preseleccionadas.....	155
Figura 4.36: Cruce de cuerpos de agua alternativa Calle 72 Av. Ciudad de Cali.....	174
Figura 4.37: Cruce de cuerpos de agua Autonorte – Calle 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali.	175
Figura 4.38: Traslape zonas protegidas alternativa Calle 80 – Av. Ciudad de Cali – Av. Rincón – Av. Tabor - Av. Cali.....	178
Figura 4.39: Traslape zonas protegidas alternativa Autonorte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Cali Calle 80 – Av. Ciudad de Cali – Av. Rincón – Av. Cali.....	179
Figura 4.40: Traslape parques urbanos alternativa D Calle 80 - Av. Ciudad de Cali.....	181

Figura 4.41: Traslape parques urbanos alternativa Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a CI 100).....	182
Figura 4.42: Traslape con corredores ecológicos alternativa J AutoNorte – Calle 100 – Av. Suba	184
Figura 4.43:Traslape con corredores ecológicos alternativa Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali	185
Figura 4.44: Pasajeros/ hpam/km extra en metro	186
Figura 4.45: Ahorro de tiempo de viaje en transporte público	188
Figura 4.46: Balance de cargas en el sistema metro	190
Figura 4.47: Conectividad proporcionada por la red metro	192
Figura 4.48: Indicador de intermodalidad	194
Figura 4.49: Indicador de mejora en la saturación de la red de transporte masivo	196
Figura 4.50: Costos Estimados por alternativa	204
Figura 4.51: Medición riesgo arqueológico alternativa E	207
Figura 4.52: Medición riesgo arqueológico alternativa 5	208
Figura 4.53: Medición riesgo a vulnerabilidad a fenómenos naturales alternativa I – remoción en masa.....	210
Figura 4.54: Medición riesgo a vulnerabilidad a fenómenos naturales alternativa 9 - inundaciones	211
Figura 4.55: Medición riesgo a vulnerabilidad a fenómenos naturales alternativa 10 – remoción en masa.....	212
Figura 4.56: Medición riesgo a vulnerabilidad a fenómenos naturales alternativa J – inundación	213

Tablas

Tabla 2.1: Listado de proyectos de transporte público para análisis de fase 1.....	19
Tabla 2.2: Definición de prospectivas para análisis de transporte de la zona de Expansión	25
Tabla 2.3: Definición de prospectivas para análisis de transporte de las 18 alternativas.....	25
Tabla 2.4: Entradas y salidas del modelo de cuatro etapas de Bogotá y la región	28
Tabla 3.1: Variables a analizar en el INT y sus pesos correspondientes.....	47
Tabla 3.2: Índice de necesidades de transporte para cada localidad.....	48
Tabla 3.3: Componente, criterios, indicadores para selección de Zona de Expansión	52
Tabla 3.4: Indicador traslape con los elementos de la estructura ecológica principal - EPP	53
Tabla 3.5: Propuesta de corredores representativos por posible Zona de Expansión de la PLMB – T1	56

Tabla 3.6: Indicador pasajeros transportados en metro	58
Tabla 3.7: Indicador ahorros en tiempo de viaje de la ciudad	58
Tabla 3.8: Indicador conectividad ofertada por la red de metro	59
Tabla 3.9: Indicador índice de necesidades de transporte	60
Tabla 3.10: Indicador Intermodalidad en el servicio de transporte masivo	61
Tabla 3.11: Indicador descongestionamiento de la red de transporte masivo	61
Tabla 3.12: Escala de valoración de Saaty	66
Tabla 3.13: Actores participantes en el ejercicio de definición de pesos	67
Tabla 3.14: Resultado del modelo logit estimado para el ejercicio BW	67
Tabla 3.15: Orden de las preferencias y puntuaciones para los criterios evaluados.	68
Tabla 3.16: Orden de las preferencias y puntuaciones para los criterios evaluados en la priorización de zona.....	69
Tabla 3.17: Número de personas tenidas en cuenta para el cálculo de pesos de los indicadores para cada criterio.....	69
Tabla 3.18: Pesos asignados a los indicadores de cada criterio	70
Tabla 3.19: Afectación de los corredores incluidos en el análisis	71
Tabla 3.20: Comparación de escenarios con y sin TransMilenio para el año 2030 con Oferta 1 en HPAM.....	75
Tabla 3.21: Índice de necesidades de transporte para cada localidad evaluada en la Zona de Expansión.....	94
Tabla 3.22: Puntajes de la evaluación para prospectiva A	97
Tabla 3.23: Evaluación para prospectiva B	97
Tabla 3.24: Evaluación para prospectiva C	98
Tabla 3.25: Evaluación para prospectiva D.....	98
Tabla 3.26: Puntaje promedio obtenido para cada Zona de Expansión y para cada uno de los escenarios evaluados.....	99
Tabla 3.27: Pesos de criterio para el análisis de robustez.....	99
Tabla 3.28: Puntaje promedio obtenido para cada Zona de Expansión y para cada uno de los escenarios evaluados en el análisis de robustez.	99
Tabla 4.1: Corredores usados para el desarrollo de alternativas.....	103
Tabla 4.2: Clasificación vial y tipología por importancia de movimiento	104

Tabla 4.3: Parámetros de Clasificación vial y tipología por importancia de movimiento y área de actividad.....	105
Tabla 4.4: Asignación de tipologías del Subsistema vial.....	106
Tabla 4.5: Posibilidad de conexión de corredores analizados con corredores de transporte público actuales y futuros	124
Tabla 4.6: Alternativa A- Calle 80/ALO	126
Tabla 4.7: Alternativa B - Calle 80/ALO.....	128
Tabla 4.8: Alternativa C - Calle 80/ALO.....	129
Tabla 4.9: Alternativa D - Calle 80/Av. Ciudad de Cali.....	131
Tabla 4.10: Alternativa E- Calle 80/Av. Ciudad de Cali	133
Tabla 4.11: Alternativa F - Calle 80/Av. Ciudad de Cali.....	134
Tabla 4.12: Alternativa G - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali	136
Tabla 4.13: Alternativa H - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali	138
Tabla 4.14: Alternativa I - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali	139
Tabla 4.15: Alternativa J - Autopista Norte / Calle 100 / Av. Suba	141
Tabla 4.16: Alternativa K - Autonorte – Calle 100 – Av. Suba.....	143
Tabla 4.17: Alternativa L - Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali.....	144
Tabla 4.18: Alternativa M - Canal Rionegro / Av. Ciudad de Cali	146
Tabla 4.19: Alternativa N - Autonorte / Cl 127 / Av. Rincón / Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a Cl 100).....	148
Tabla 4.20: Alternativa O - Autonorte / Cl 127 / Av. Rincón / Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a Cl 100).....	150
Tabla 4.21: Alternativa P - Avenida Cl 72 / Av. Ciudad de Cali	150
Tabla 4.22: Alternativa Q - Ext Línea 1 hasta Cl 100. Autonorte / Calle 100 / Av. 68 / Calle 80 / Av. Ciudad de Cali	153
Tabla 4.23: Alternativa R - Ext Línea 1 hasta Cl 100. Autonorte / Calle 100 / Av. 68 / Calle 80 / Av. Ciudad de Cali	154
Tabla 4.24: Alternativas identificadas para análisis de fase 1	154
Tabla 4.25: Componentes, criterios e indicadores de evaluación de alternativas	156
Tabla 4.26: Indicador impacto en dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua	157

Tabla 4.27: Indicador impacto a los elementos de la estructura ecológica principal	157
Tabla 4.28: Indicador Potencial de Desarrollo de Proyectos Inmobiliarios.....	160
Tabla 4.29: Indicador Afectación de Barrios con Interés Arquitectónico y/o Urbanístico	161
Tabla 4.30: Indicador pasajeros transportados metros.....	163
Tabla 4.31: Indicador ahorros en tiempo de viaje.....	163
Tabla 4.32: Indicador conectividad ofertada por la red de metro	164
Tabla 4.33: Indicador balance de línea	164
Tabla 4.34: Indicador Intermodalidad en el servicio de transporte masivo.....	165
Tabla 4.35: Indicador descongestionamiento de la red de transporte masivo	165
Tabla 4.36: Indicador de costos de inversión	166
Tabla 4.37: Capítulos del CAPEX	167
Tabla 4.38: Indicador riesgos arqueológicos	168
Tabla 4.39: Indicador vulnerabilidad a fenómenos naturales	168
Tabla 4.40: Fuentes de agua que se cruzan con cada alternativa	170
Tabla 4.41: Resultados indicador Impacto a la estructura ecológica principal (zonas protegidas)	176
Tabla 4.42: Resultados traslape de Alternativas con parques urbanos	180
Tabla 4.43: Resultados traslape de Alternativa con corredores ecológicos.....	183
Tabla 4.44: Resultados para cada alternativa del indicador pasajeros transportados en metro...	186
Tabla 4.45: Resultados para cada alternativa del indicador Ahorro de tiempo de viaje en transporte público	188
Tabla 4.46: Resultados para cada alternativa del indicador Balance de cargas en el sistema metro	190
Tabla 4.47: Resultados para cada alternativa del indicador Conectividad proporcionada por la red metro	192
Tabla 4.48: Resultados para cada alternativa del indicador intermodalidad.....	194
Tabla 4.49: Resultados para cada alternativa del indicador intermodalidad.....	196
Tabla 4.50: Resultados potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios – Área total de potencial	198
Tabla 4.51: Resultados potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios – Área por longitud del trazado.....	199
Tabla 4.52: Resultados afectación de barrios con interés arquitectónico / urbanístico – Área total de afectación	200

Tabla 4.53: Resultados afectación de barrios con interés arquitectónico / urbanístico – Área por longitud del trazado.....	201
Tabla 4.54: Costos de Inversión proyecto metro por Km (con predios).....	202
Tabla 4.55: Costo estimado de las alternativas	202
Tabla 4.56: Calificación Costo estimado de las alternativas.....	204
Tabla 4.57: Evaluación del riesgo arqueológico	205
Tabla 4.58: Evaluación del riesgo a vulnerabilidad a fenómenos naturales.....	208
Tabla 4.59: Orden de las preferencias y puntuaciones para los criterios evaluados en la priorización	214
Tabla 4.60: Prospectivas de evaluación identificación de alternativas	215
Tabla 4.61: Resultado de evaluación de indicadores de las 18 alternativas	216
Tabla 4.62: Resultado de evaluación de indicadores de las alternativas final	218

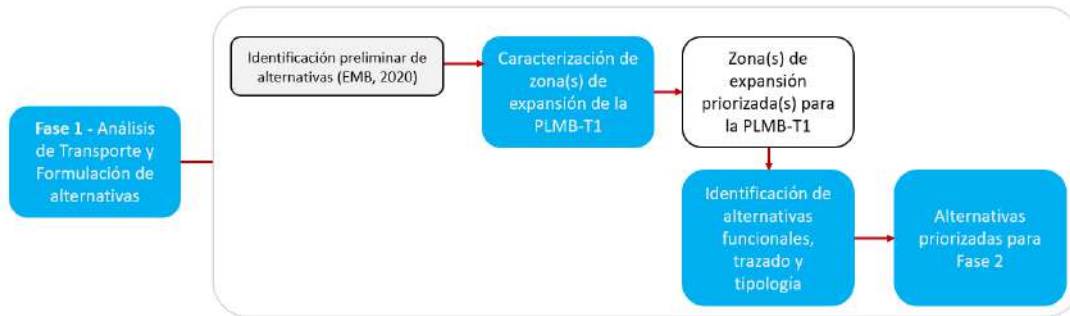
Anexos

- A First Appendix Title**
- B Second Appendix Title**

1 Introducción

- 1.1 El presente documento contiene el desarrollo de la Fase 1 – Formulación de Alternativas de la expansión de la Primera Línea de Metro de Bogotá (PLMB-T1) en el marco del desarrollo del Contrato FDN 033 de 2020 cuyo objeto es: “Formulación, análisis y priorización de alternativas para la expansión 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”.
- 1.2 Para el desarrollo de la Fase 1 se adelantaron dos actividades, atendiendo lo indicado en el Anexo 6 – especificaciones técnicas de los Términos de Condiciones Contractuales (TCC): **Actividad 1.** Identificación y selección de la o las zonas de la Ciudad hacia donde debe realizarse la expansión de la Primera Línea de Metro (PLMB-T1) y **Actividad 2.** Identificación y caracterización de alternativas funcionales, de trazado y tipología. Este reporte contiene los resultados del desarrollo de las actividades mencionadas anteriormente.
- 1.3 En la Actividad 1 se realizó la selección de la o las zonas de expansión tomado como punto de partida el documento técnico de soporte denominado “*Identificación preliminar de alternativas para la Fase 2 de la Primera Línea del Metro para Bogotá*” (este documento se explicará con detalle a lo largo del informe), desarrollado en 2020 por la Empresa Metro de Bogotá, en adelante EMB. Se realizó un análisis multidimensional enfocado a beneficios de transporte e impacto ambiental para definir la zona de expansión, incluyendo sensibilidades en demanda de transporte respecto a cambios en uso del suelo y población y de ofertas de transporte.
- 1.4 En la Actividad 2, una vez seleccionada la(s) zona (s) de expansión, con el fin de plantear distintas soluciones se identificaron y construyeron 18 alternativas con base en combinaciones lógicas de: trazado, tipología, tipo de conexión con la PLMB-T1, posible disponibilidad del patio taller, coexistencia con troncales de TransMilenio actuales y proyectadas, integración con proyectos de infraestructura de transporte y otras variables relevantes. Posteriormente, estas alternativas fueron evaluadas de forma multidimensional con una batería de indicadores propuesta por el Equipo Consultor y presentada a consideración ante el Comité Técnico.
- 1.5 Finalmente, se priorizaron 14 alternativas a evaluar en la Fase 2 de la Consultoría a partir de las 18 alternativas preseleccionadas en la Fase 1. A continuación se presenta un diagrama que resume las actividades e insumos generales para el presente informe.

Figura 1.1: Resumen de actividades del informe



Fuente: Unión Temporal Egis- Steer Metro de Bogotá, 2020

1.6 La secuencia metodológica definida para el estudio se muestra en la siguiente figura:

Figura 1.2: Resumen fases de la Consultoría



Fuente: Unión Temporal Egis- Steer Metro de Bogotá, 2020

Glosario y abreviaturas

- Consultoría: Formulación, análisis y priorización de alternativas para la expansión 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.
- Sistema Integrado de Transporte Público, o SITP, o Sistema
- Primera Línea de Metro de Bogotá, o PLMB-T1
- Financiera de Desarrollo Nacional, o FDN
- Equipo Consultor: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, o Unión Temporal
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, o Alcaldía Mayor
- Secretaría Distrital de Movilidad, o SDM, o Autoridad de Transporte
- Secretaría Distrital de Planeación, o SDP

- Secretaría Distrital de Ambiente, o SDA, o Autoridad Ambiental
- Empresa Metro de Bogotá, o EMB
- Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público - DADEP
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB
- Secretaría de Hacienda Distrital, o SHD
- Instituto de Desarrollo Urbano, o IDU
- 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
- Instituto Distrital de Patrimonio Cultural, o IDPC
- Instituto Colombiano de Antropología e Historia, o ICANH
- Departamento Nacional de Planeación, o DNP
- Ministerio de Transporte, o MT
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público, o MHCP
- Empresa de Energía de Bogotá, o EEB
- Plan de Ordenamiento Territorial, o POT
- Plan Maestro de Movilidad de Bogotá, o PMMB
- Términos de Condiciones Contractuales – Adenda 5, o TCC
- Encuesta de Movilidad de Bogotá y los municipios del área de influencia desarrollada por la Secretaría Distrital de Movilidad – 2019, o EODH
- SMMLV: Salario mínimo mensual legal vigente 2020

2 Contexto y definiciones clave

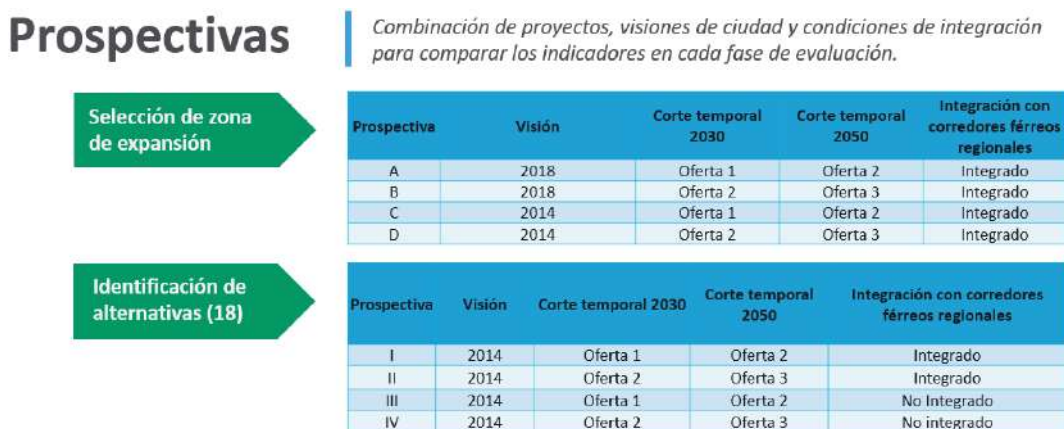
2.1 Es importante aclarar algunas definiciones clave que serán de utilidad a lo largo del presente informe, las cuales se encuentran listadas a continuación:

- **Prospectiva:** Se refiere a la combinación de insumos para el análisis de transporte, incluyendo visiones de ciudad, ofertas de transporte, cortes temporales a evaluar e integración o coexistencia con otros sistemas de transporte.
- **Visión de ciudad:** Hace referencia a las condiciones de usos del suelo y población para tener en cuenta, en un corte temporal definido.
- **Oferta de transporte:** Corresponde a los proyectos de transporte público y privado (actuales y/o futuros) tenidos en cuenta en las evaluaciones, según lo acordado en mesas de trabajo con FDN y EMB y avalado por la SDM.
- **Batería de indicadores:** Hace referencia a los indicadores definidos por el equipo de consultor para evaluar la actividad 1 y 2 de la Fase 1. Las baterías de indicadores utilizados en la Fase 1 del Proyecto no son las mismas a la matriz de criterios, indicadores y pesos a utilizar en la Fase 2 del Proyecto.

Prospectiva

2.2 Para el desarrollo de las actividades de la Fase 1, a continuación, se resume las prospectivas utilizadas, las cuáles serán explicadas en detalle en los siguientes capítulos:

Figura 2.1: Prospectivas de análisis en Fase 1



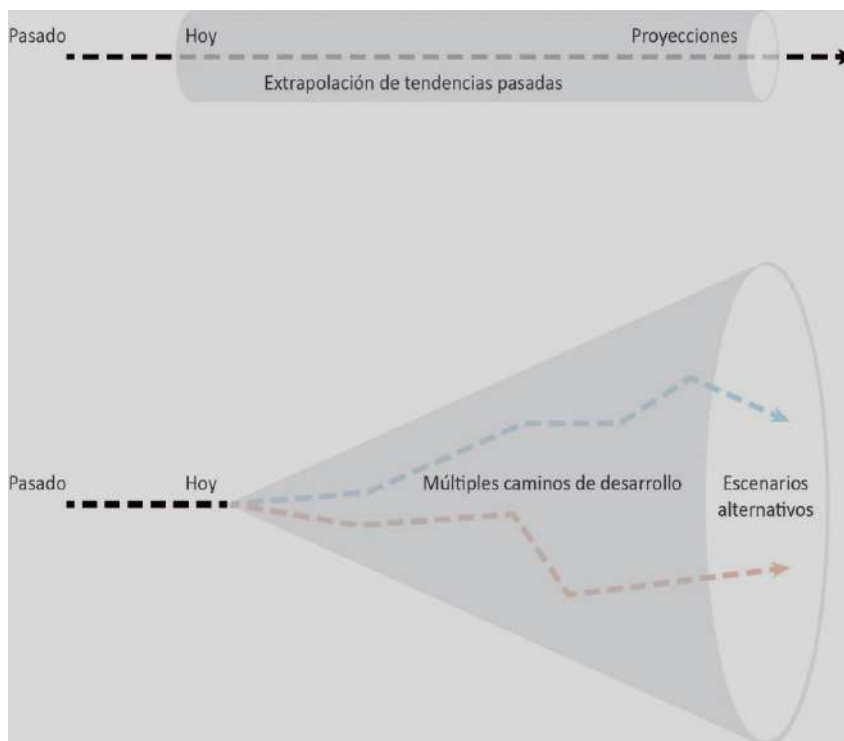
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

2.3 Para los análisis prospectivos se utilizó la metodología de planificación por escenarios que se expone a continuación:

Planificación por escenarios

- 2.4 Las proyecciones de población en diferentes rangos etarios y de usos del suelo asociados al territorio, son las variables que establecen en el modelo de cuatro etapas los viajes generados y atraídos por cada una de las zonas.
- 2.5 Para el modelo de Bogotá se han usado las proyecciones generadas por la Secretaria Distrital de Planeación (las más recientes Visión 1, 2018 y Visión 2, 2014), las cuales tienen en cuenta el plan de ordenamiento territorial, los planes parciales, los planes de renovación urbana y demás herramientas de ordenamiento territorial vigentes o en curso, de acuerdo con la visión de ciudad existente en el momento.
- 2.6 Sin embargo, existe un nivel de incertidumbre en estas proyecciones que debe ser considerado. Hay una gran cantidad de variables externas a la administración que pueden llegar a modificar en alguna medida las estimaciones futuras sobre asentamiento en el territorio y usos del suelo.
- 2.7 Teniendo en cuenta este nivel de incertidumbre, Steer ha incorporado en distintos proyectos de modelación la planificación por escenarios de proyectos futuros, que consiste en definir caminos diferentes de desarrollo de la ciudad sobre los cuales estimar el comportamiento de las zonas evaluadas.

Figura 2.2: Esquema de planificación por escenarios



Fuente: Steer, 2018

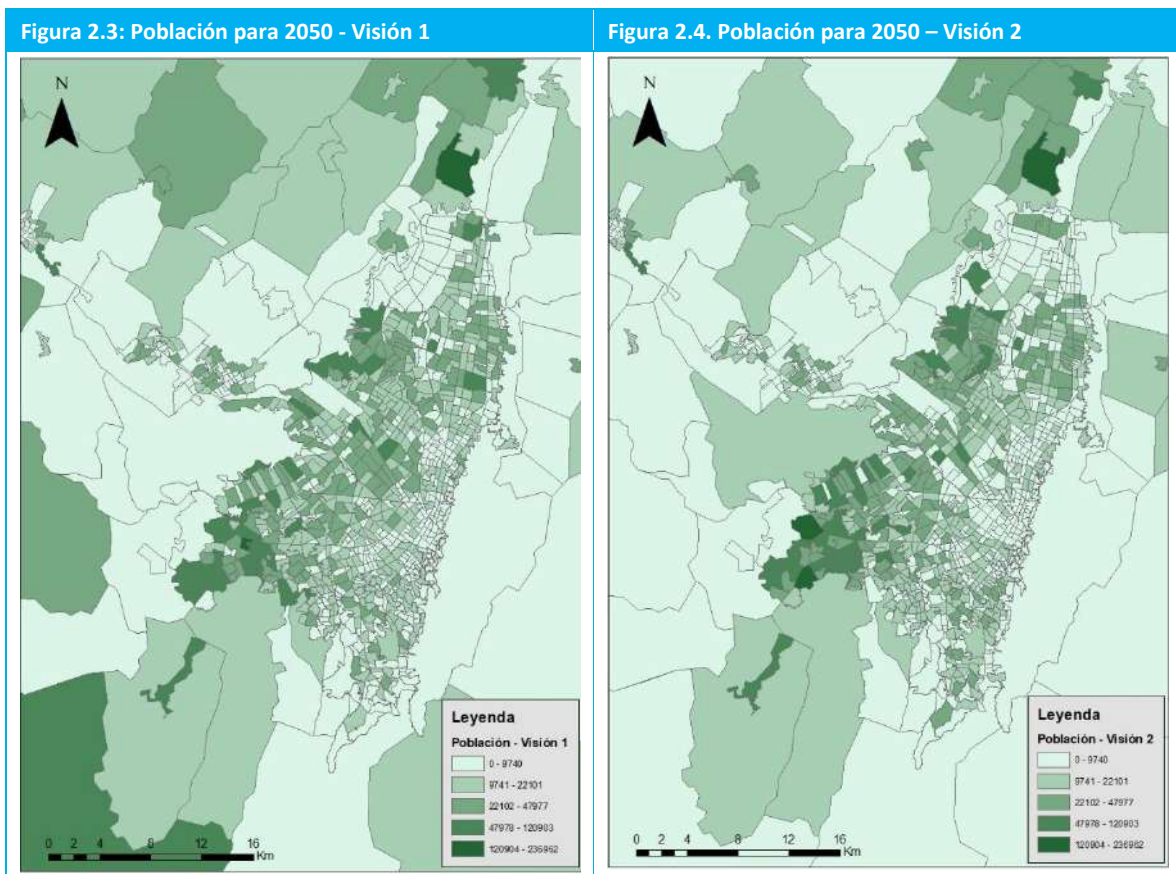
- 2.8 Para este proyecto a partir de las diferentes visiones de desarrollo de ciudad, construidos para proyectos de transporte anteriores, se utilizaron las proyecciones de población y usos del suelo que ha elaborado la Secretaria Distrital de Planeación en los años 2014 y 2018.

2.9 Es así como se establecieron tres escenarios de red de transporte público alternativos, los cuales se detallarán a continuación, para las visiones de ciudad que serán presentadas a continuación.

Visiones de ciudad

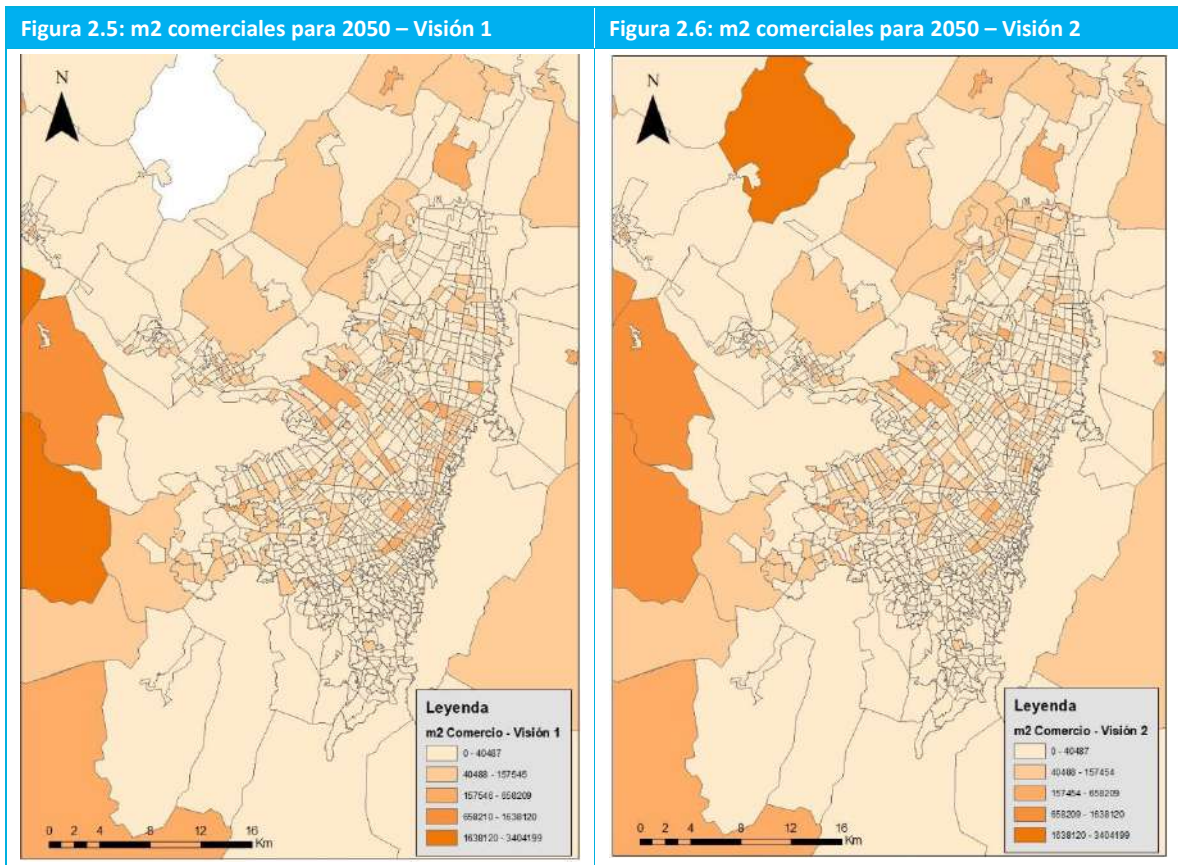
2.10 Para la planificación por escenarios se tomó como base dos diferentes visiones de ciudad en las cuales varía la ubicación y densidad de la población y de los usos de suelo. Dichas visiones son producto del trabajo desarrollado por la Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM).

2.11 La **visión 1** fue la formulada en 2018 en las que se visualiza una ciudad con una mayor expansión hacia el norte, mientras que la **visión 2**, formulada en el año 2014, prevé una ciudad más densa con un menor desarrollo en el norte de la ciudad. En las figuras a continuación se presentan mapas de la ubicación de la población a nivel de ZAT.



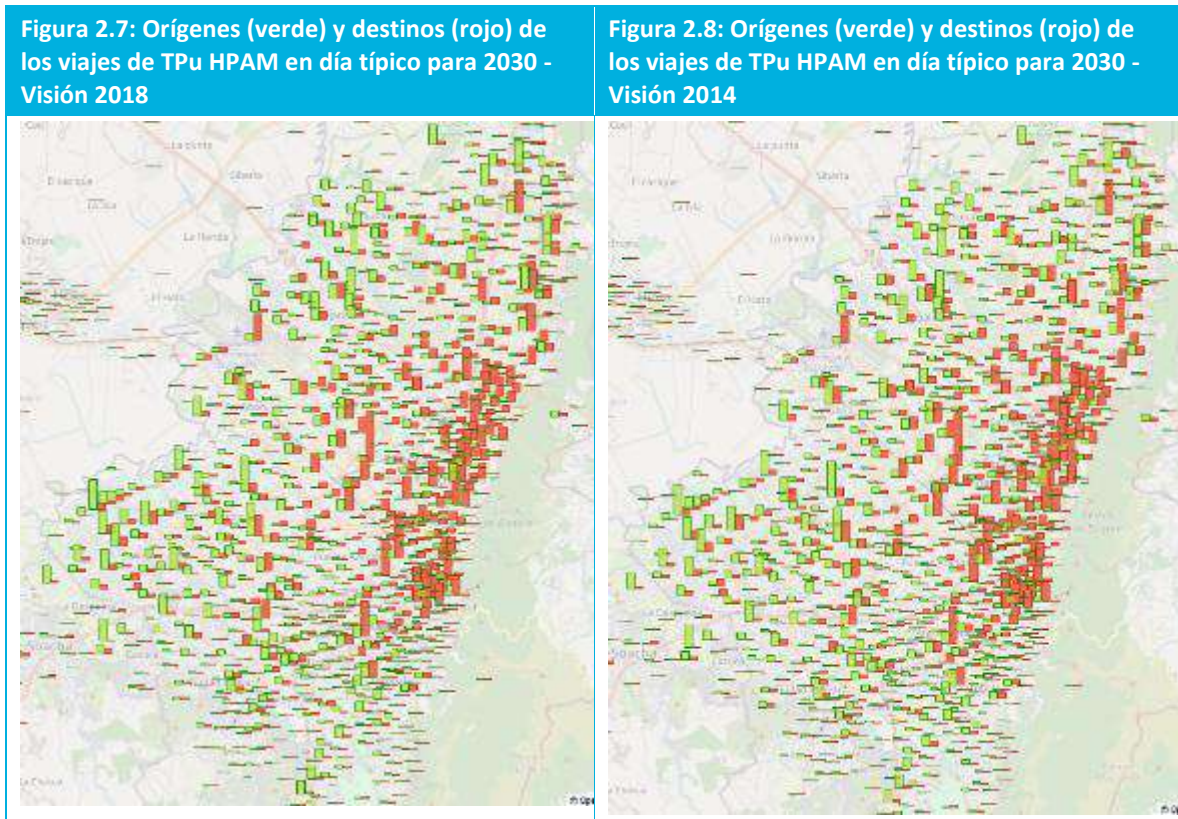
Fuente: Secretaría Distrital de Movilidad, 2020

2.12 En los mapas presentados se ve una mayor densidad en el centro de la ciudad en el caso de la visión 2, mientras que en la visión 1 se ve mayor densidad en la parte noroccidental y suroriental. Las visiones de ciudad también cambian los usos de suelo, en las figuras a continuación se muestran los mapas usos de suelo comercial, donde se evidencian también diferencias entre las dos visiones.



Fuente: Secretaría Distrital de Movilidad, 2020

- 2.13 En los usos de suelo comerciales se muestra una tendencia similar a la de la población, donde para la visión 2 se incrementa la concentración de viajes en el centro de la ciudad, mientras que en la visión 1 los usos comerciales en el noroccidente de la ciudad aumentan. A continuación, se presentan los orígenes (verde) y destinos (rojo), de los viajes en HPAM de un día típico en transporte público para 2030, para las dos visiones mencionadas.



Fuente: Secretaría Distrital de Movilidad, 2020

- 2.14 Los resultados muestran variaciones en los viajes generados para las zonas de interés de Suba, Usaquén y Engativá, siguiendo un patrón similar para toda la ciudad en general, pero entregando los cambios que representarán la variabilidad en la evaluación.
- 2.15 El uso de diferentes visiones de ciudad permite atender la incertidumbre respecto al desarrollo futuro real de la ciudad, permitiendo evaluar posibilidades con supuestos variables. Al analizar el desempeño de las alternativas con diferentes matrices de demanda, construidas a partir de las dos visiones presentadas se tiene un abanico de indicadores que tiene en cuenta la incertidumbre y permite hacer una selección más informada y segura para la ciudad.
- 2.16 Como fue mencionado anteriormente, en reuniones previas desarrolladas con las entidades del sector movilidad responsables de la ejecución del proyecto, se acordó trabajar las sensibilidades de demanda con base en las visiones indicadas en el punto anterior.

Oferta de transporte público

- 2.17 Para la evaluación incluida en la fase 1 se definieron tres diferentes redes de oferta de proyectos de transporte público, incluyendo:
 - Oferta 1: Los proyectos, que, dado su grado de avance actual, tienen una alta probabilidad de estar operando en el año 2030.

- Oferta 2: Proyectos identificados por el Distrito que bajo una visión optimista e ideal estarían operando en el año 2030 y bajo una visión conservadora pueden considerarse razonablemente que estarán operando en el 2050.
- Oferta 3: Proyectos identificados por el Distrito que bajo una visión optimista e ideal estarían operando en el año el año 2050.

2.18 Teniendo en cuenta que trata de supuestos de planificación de ciudad, las redes de oferta empleadas en el desarrollo de las Fases 1 y 2 de la presente Consultoría, fueron definidas y validadas por la SDM y EMB.

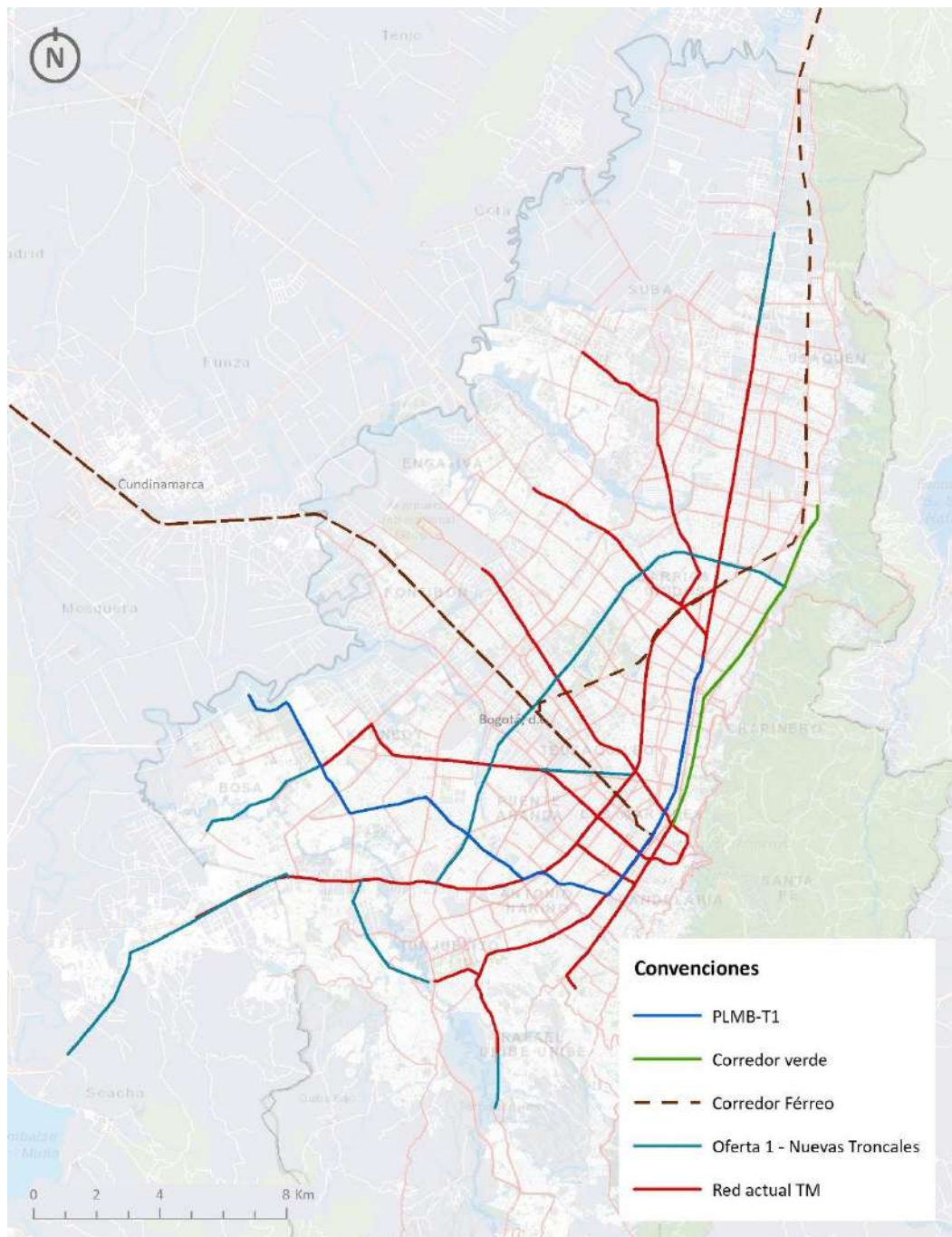
2.19 Es importante aclarar que en estos nuevos proyectos de transporte masivo en corredores principales no se están suponiendo planes de implementación o tecnologías. Se usan como un ejercicio de planificación para analizar el efecto que representan en las alternativas a evaluar. A continuación, se muestra el detalle de proyectos de transporte público para cada una de las ofertas mencionadas en el numeral anterior:

Tabla 2.1: Listado de proyectos de transporte público para análisis de fase 1

Oferta 1	Oferta 2	Oferta 3
<ul style="list-style-type: none"> •Red de transporte público 2020 •SITP 100% Implementado •Corredor Carrera 7 •Troncales: <ul style="list-style-type: none"> •Av Carrera 68 entre Autopista Sur y Carrera 7 •Av. Ciudad de Cali desde Av. Circunaval del Sur hasta Av. Manuel Cepeda Vargas •Av. Villavicencio desde Av. Boyacá hasta Autopista Sur •Extensión Autopista Norte desde Estación Terminal hasta Calle 245 •Extensión Troncal Eldorado desde Portal ELdorado hasta Aeropuerto •Conexión troncal Amércias desde NQS hasta Puente Aranda •Fase II y III de Soacha •Extensión Troncal Caracas Sur desde Molinos hasta Portal Usme •PLMB-T1 •Corredor férreo de occidente •Corredor férreo del norte 	<ul style="list-style-type: none"> •Oferta 1 •Troncales <ul style="list-style-type: none"> •Avenida Boyacá desde Yomasa hasta Calle 245 •Avenida Cali desde Av. Manuel Cepeda Vargas hasta Av. Suba •Extensión Troncal Eldorado hasta Aeropuerto •Extensión Troncal Calle 80 hasta límite del Distrito Capital •Av. José Celestino Mutis desde Av. Caracas hasta límite del Distrito Capital •Corredor férreo del Sur 	<ul style="list-style-type: none"> •Oferta 1 •Oferta 2 •Troncales: <ul style="list-style-type: none"> •Av. Calle 13 desde puente aranda hasta limite del distrito •Av. El Polo •Calle 170 desde Av. Boyacá hasta Carrera 7 •Calle 127 desde Carrera 7 hasta Av. Boyacá •Av. Jorge Gaitán Cortés desde Av. Villavicencio hasta Autopista Sur. •Extensión troncal Usme - Yomasa

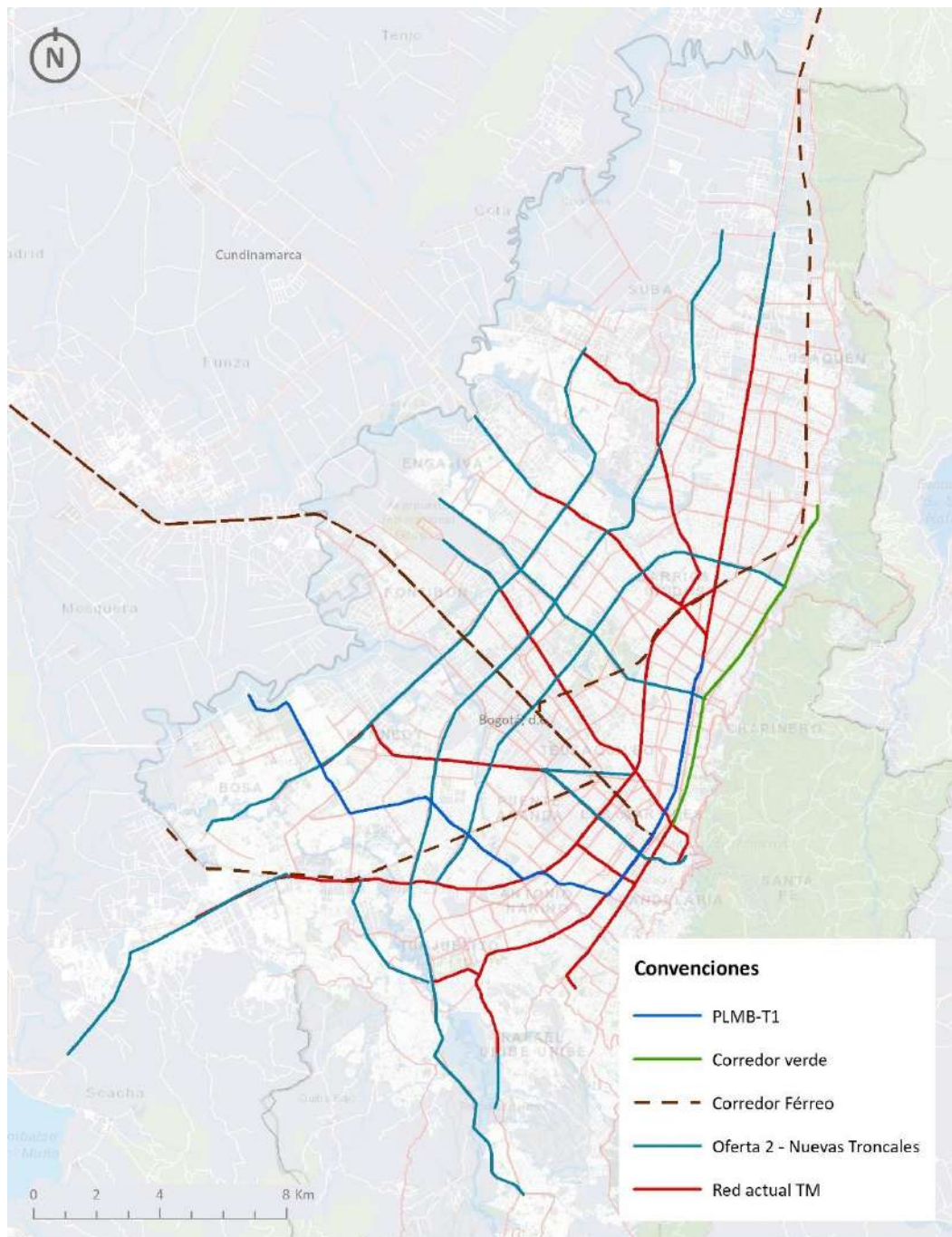
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Figura 2.9: Proyectos de transporte público Oferta 1



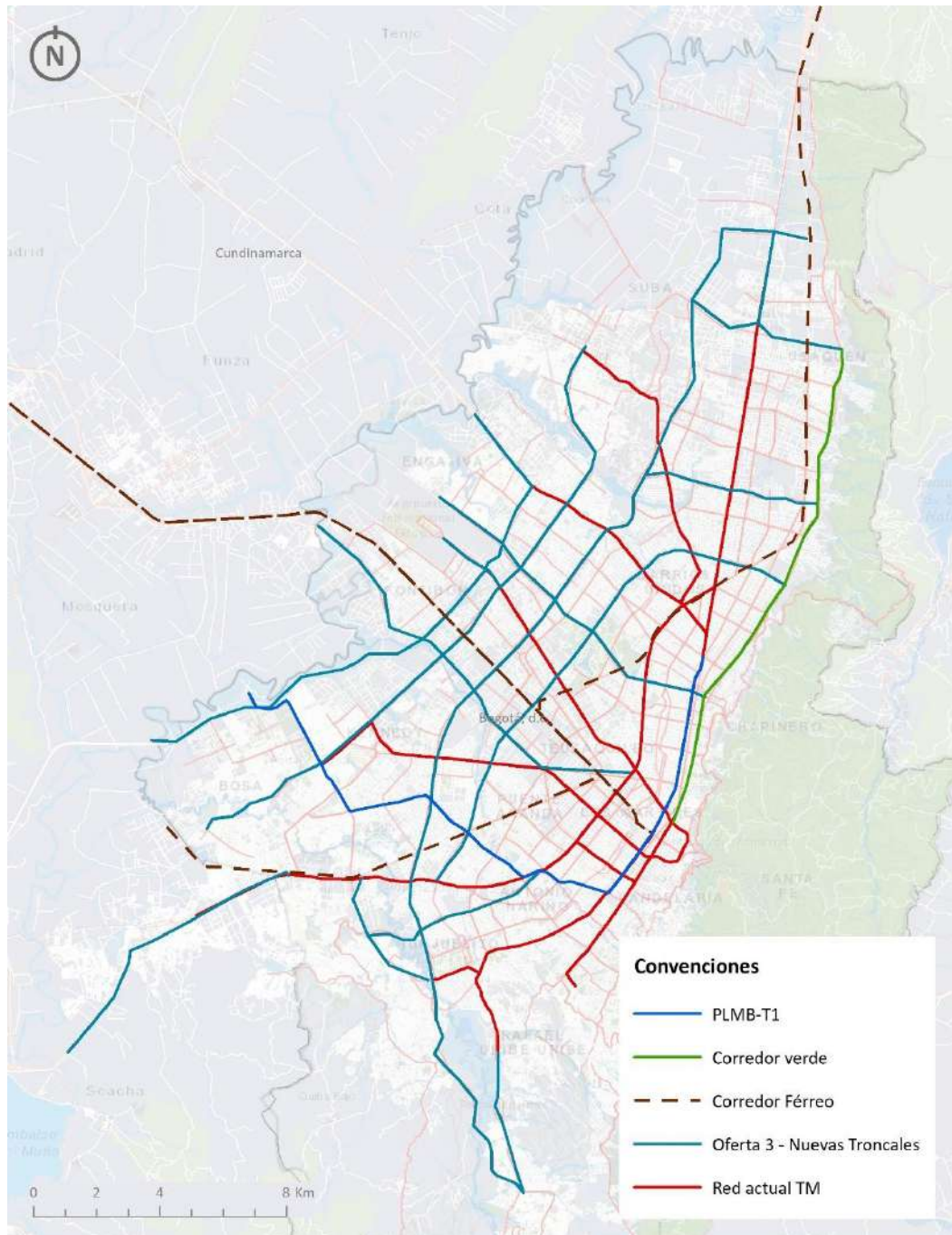
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Figura 2.10: Mapa de proyectos de transporte público Oferta 2



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Figura 2.11: Proyectos de transporte público Oferta 3



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

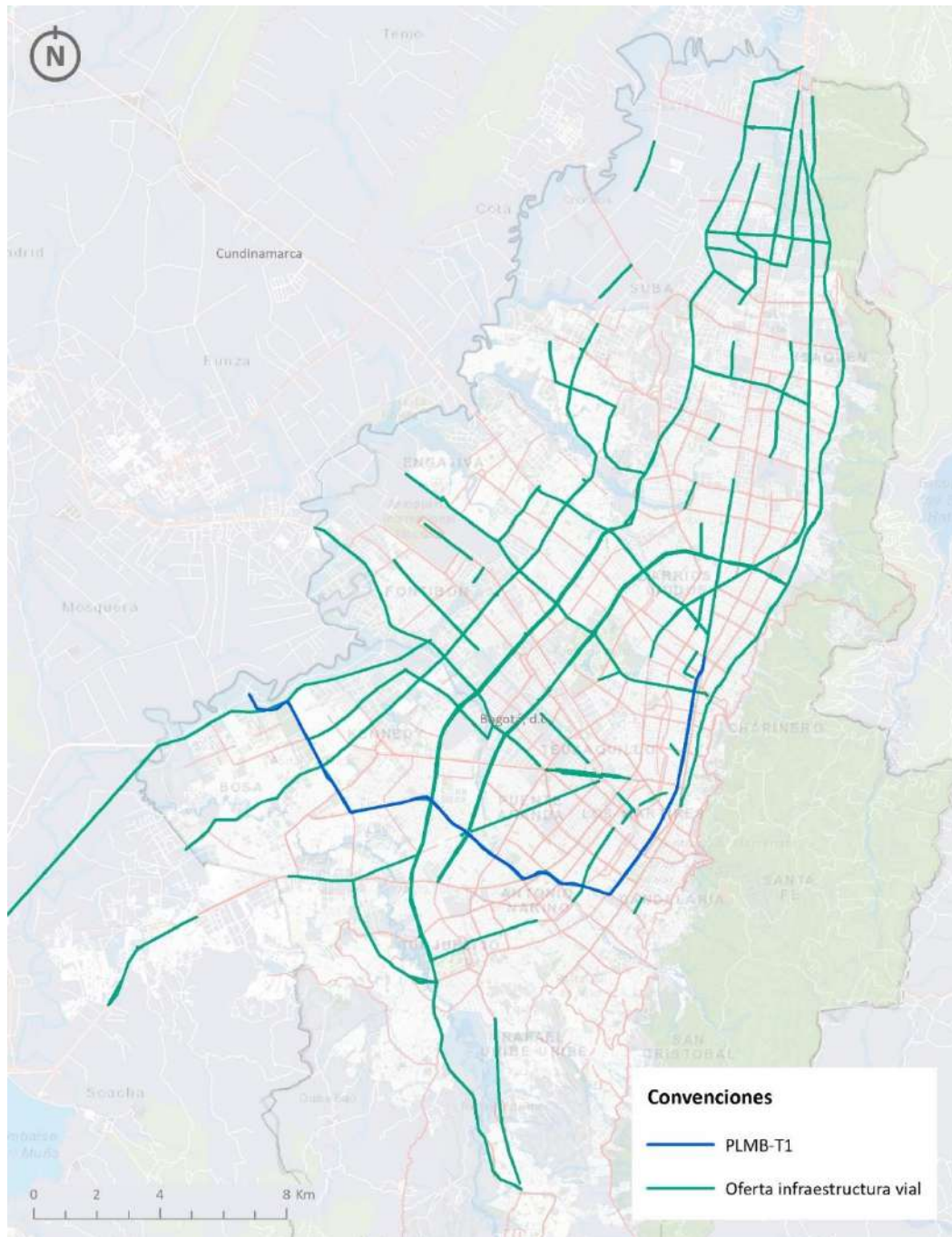
2.20 La información correspondiente a la oferta de transporte público de modos, rutas, intervalos y trazados fue suministrada por la SDM en el modelo de transporte de 4 etapas. Dicha información fue adaptada para cada una de las prospectivas y escenarios incluidos en los análisis de la Fase 1 de la Consultoría.

2.21 Para las redes de oferta de proyectos futuros de transporte público descritos anteriormente se incorporaron los siguientes proyectos de infraestructura vial en los dos cortes temporales.

- Avenida Longitudinal de Occidente entre Chuzacá y la Calle 13
- Autopista Norte entre la calle 192 y la calle 245
- Carrera 7 entre la calle 200 y la calle 245
- Ciclorruta del medio milenio (Parque El Tunal – Avenida Calle 170)
- Avenida José Celestino Mutis entre la Avenida Constitución y la Avenida Boyacá
- Avenida el Rincón entre la Avenida Boyacá y la Carrera 91
- Avenida la Sirena entre la Avenida entre la AK 9 y la AK 19
- Avenida Boyacá entre Avenida Calle 170 y la Avenida Calle 183
- Avenida San Antonio entre la Avenida Boyacá y la Carrera 54 D
- Avenida el Rincón entre la Carrera 91 y la Avenida la Conejera
- Avenida el Tabor entre la Avenida la Conejera y la Avenida Ciudad de Cali
- Avenida José Celestino Mutis entre la Carrera 114 y la Carrera 122
- Par Vial AK 7 entre la Avenida de Los Comuneros y la Avenida de la Hortúa (AC 1)
- Avenida Carrera 9 entre la AC 17 y la Calle 193
- Avenida Guayacanes entre la Avenida Tintal y Avenida Alsacia
- Avenida Carrera 15 entre Avenida Calle 134 y Avenida Calle 170
- Avenida Santa Barbara
- Avenida Polo entre Autonorte y Avenida Boyacá
- Avenida Boyacá entre Avenida el Polo y Avenida Guaymaral
- Avenida Guaymaral entre Avenida Boyacá y Autonorte
- Avenida Tibabita
- Avenida Laureano Gómez entre la Calle 193 y la Avenida Calle 235
- Avenida Villas

2.22 En la siguiente figura se observan los proyectos de infraestructura vial incluidos en los escenarios de oferta de transporte privado.

Figura 2.12: Proyectos de infraestructura vial



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Prospectivas incluidas en fase 1

- 2.23 Para resumir las diferentes condiciones a evaluar para la Zona de Expansión, en la siguiente tabla se explican las prospectivas analizadas con las visiones de ciudad incorporadas, las sensibilidades de integración con modos férreos y las ofertas de transporte en diferentes cortes temporales.

Tabla 2.2: Definición de prospectivas para análisis de transporte de la zona de Expansión

Prospectiva	Visión	Corte temporal 2030	Corte temporal 2050	Integración con corredores férreos regionales
A	2018	Oferta 1	Oferta 2	Integrado
B	2018	Oferta 2	Oferta 3	Integrado
C	2014	Oferta 1	Oferta 2	Integrado
D	2014	Oferta 2	Oferta 3	Integrado

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Tabla 2.3: Definición de prospectivas para análisis de transporte de las 18 alternativas

Prospectiva	Visión	Corte temporal 2030	Corte temporal 2050	Integración con corredores férreos regionales
I	2014	Oferta 1	Oferta 2	Integrado
II	2014	Oferta 2	Oferta 3	No integrado
III	2014	Oferta 1	Oferta 2	Integrado
IV	2014	Oferta 2	Oferta 3	No integrado

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

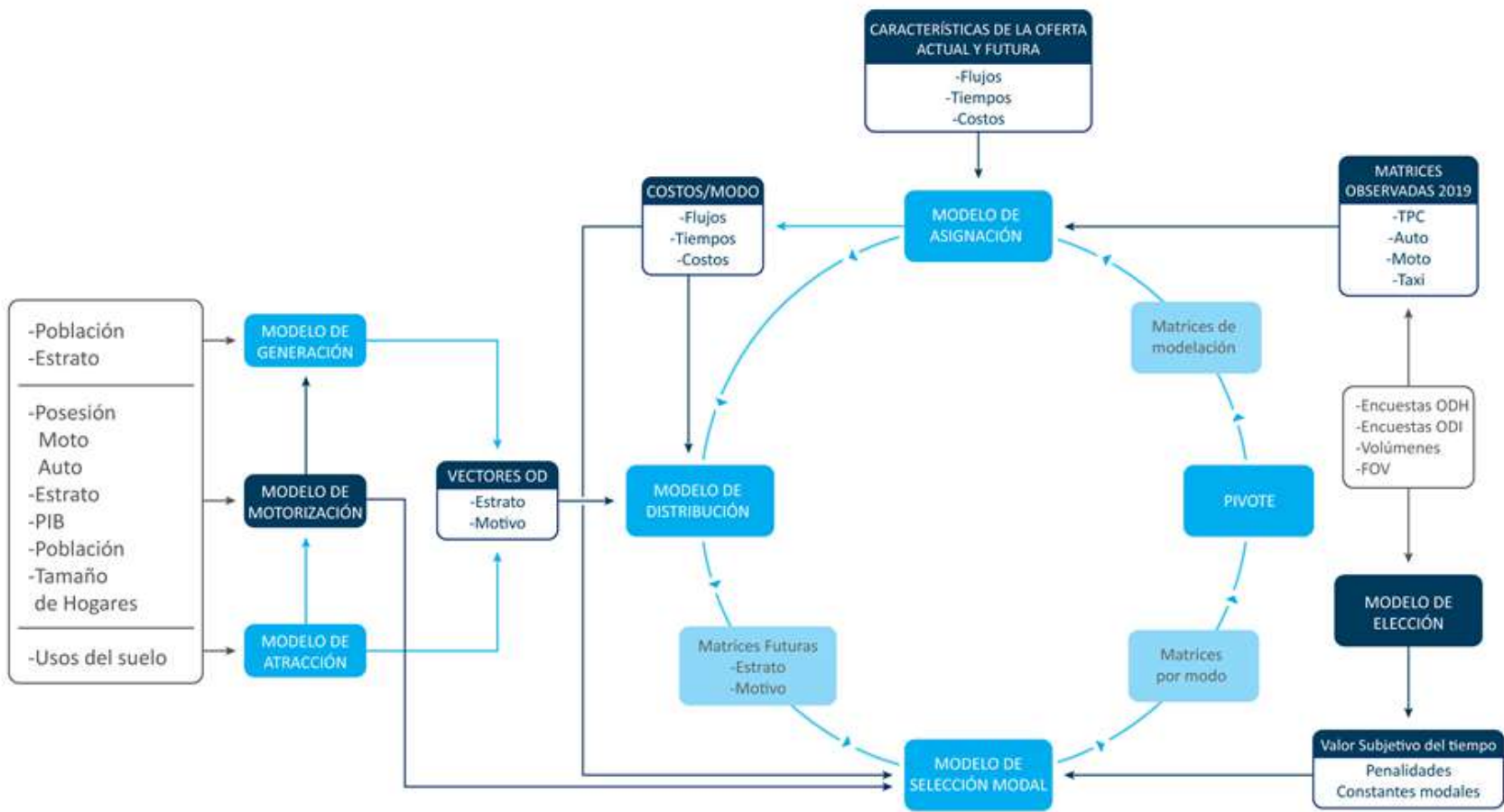
Estructura del modelo de transporte para la estimación indicadores

- 2.24 La estructura de modelo de transporte corresponde a una estructura clásica de cuatro etapas, también llamado cuatro pasos y permite incorporar en el análisis los escenarios de desarrollo urbano y crecimiento poblacional del área de estudio, junto con las medidas y proyectos de cambios en la oferta de transporte.
- 2.25 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 los costos entre cada zona, determinar la cantidad de viajes para cada par origen-destino. El resultado de este modelo es 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.
 - 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 motivo de viaje.
 - 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 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.

- 2.26 A continuación, se presenta la estructura actual del modelo de transporte de Bogotá, así como la información utilizada para la estimación de los submodelos de cada una de las etapas y su relación con los otros procesos

Figura 2.13: Estructura del modelo de transporte



Fuente: Unión Temporal Steer - CNC, 2019

- 2.27 El modelo usa un modelo incremental (“Pivote”), el cual toma los resultados de las cuatro etapas para los escenarios futuros y utiliza las diferencias con la modelación de 2019 para estimar la demanda futura, manteniendo la estructura de la matriz del año base.
- 2.28 En la tabla a continuación se resume para cada una de las etapas principales del modelo de transporte de Bogotá y sus entradas y salidas.

Tabla 2.4: Entradas y salidas del modelo de cuatro etapas de Bogotá y la región

Etapa	Entradas	Salidas
Generación	-Población -Tasas de generación por motivo de viaje	-Viajes generados por zona
Atracción	-m2 de uso de suelo por zona -Cupos educativos por zona	-Viajes atraídos por zona
Distribución	-Viajes generados por zona -Viajes atraídos por zona -Costo de viaje entre zonas	-Matriz origen-destino por estrato
Selección modal	-Matriz origen-destino por estrato -Motorización -Costos de viaje -Funciones de utilidad por modo	-Matrices origen destino por modo y estrato
Asignación de transporte privado	-Matrices origen-destino de modos de transporte privado -Ocupación de vehículos -Características de la red de transporte privado - Características de la red de transporte público	-Volúmenes y tiempos en la red
Asignación de transporte público	-Volúmenes y tiempos en la red de transporte privado -Costos de transporte público - Características de la red de transporte público	-Volúmenes y tiempos en la red

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

- 2.29 Para hacer la evaluación de las diferentes zonas y lograr que sean completamente comparables, se corrieron los modelos de generación y atracción, distribución, partición modal y pivote para las redes de oferta definidas y las visiones de ciudad en los diferentes cortes temporales. Con esto se obtuvieron las matrices por modo para hacer el proceso de asignación. Después se ejecutó el modelo de asignación para transporte privado y transporte público con cada prospectiva, para los cortes temporales de 2030 y 2050 y con las diferentes ofertas de transporte público, según fue presentado anteriormente.
- 2.30 Al asignar las matrices en las prospectivas, se construyen dos horizontes de tiempo diferentes. Con estos horizontes construidos se procede a hacer la estimación de los indicadores de cada una de las alternativas, que finalmente alimentarán la batería de indicadores.

- 2.31 En el Anexo E se hace entrega de la información del modelo de transporte utilizado en el desarrollo de la fase I cumplimiento con lo indicado en el Anexo 6 - Anexo 6 – especificaciones técnicas del documento TCC

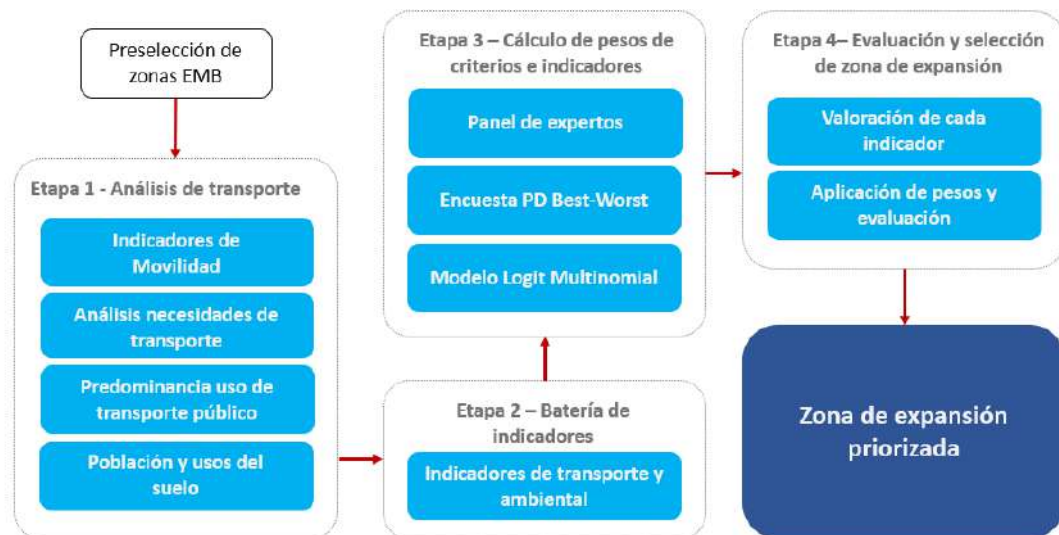
Batería de indicadores

- 2.32 Para el desarrollo de las actividades 1 y 2, el equipo Consultor propuso al Comité Técnico la evaluación de la selección de zona de expansión e identificación de alternativas a partir de una batería de indicadores que cumpliera los objetivos de cada actividad.

Actividad 1

- 2.33 Para el desarrollo de la actividad 1 a continuación se presentan los indicadores tenidos en cuenta para los análisis y selección de la zona de expansión priorizada.

Figura 2.14: Batería de indicadores para evaluación de actividad 1



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

- 2.34 En el capítulo Identificación de la(s) zona(s) hacia donde debe expandirse la PLMB-T1 se presenta en detalle el desarrollo de la evaluación a partir de la batería de indicadores indicada anteriormente.

Actividad 2

- 2.35 Para la actividad 2 cuyo objetivo era desarrollar la identificación de alternativas de trazado y tipología de línea para el proyecto de expansión de la PLMB-T1, se incorporaron criterios e indicadores urbanos, financieros y de riesgos. En el Capítulo 3 del presente informe se presenta en detalle los análisis y resultados de la evaluación a partir de la batería de indicadores que se muestra a continuación:

Figura 2.15: Batería de indicadores para evaluación de actividad 2



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

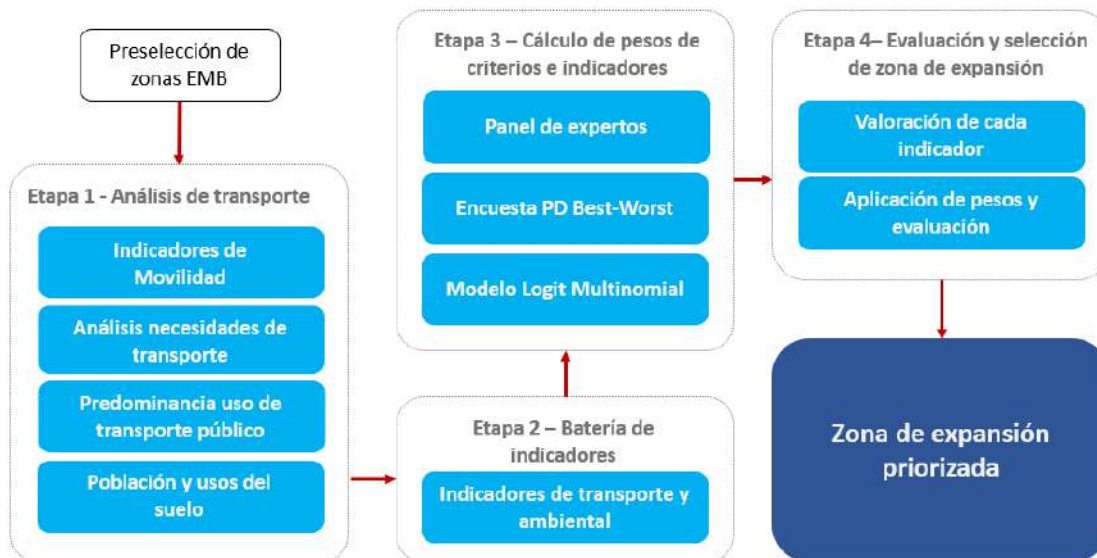
2.36 En el capítulo Identificación y caracterización de alternativas funcionales de trazado, tipología se presenta en detalle el desarrollo de la evaluación a partir de la batería de indicadores indicada anteriormente.

3 Identificación de la(s) zona(s) hacia donde debe expandirse la PLMB-

Metodología utilizada

- 3.1 El objetivo de esta actividad es la validación y verificación de la zona hacia la cuál debe realizarse la expansión de la PLMB-T1 tomando como punto de partida el documento técnico de soporte denominado “Identificación preliminar de alternativas para la Fase 2 de la Primera Línea del Metro para Bogotá” desarrollado por la EMB en 2020. Esto, en cumplimiento con lo indicado en el Anexo 6 del documento TCC.
- 3.2 La metodología de priorización está estructurada por etapas, las cuales se describen y esquematizan a continuación:
- Etapa 1: Análisis de transporte
 - Etapa 2: Definición de batería de indicadores
 - Etapa 3: Cálculo de los pesos relativos para indicador
 - Etapa 4: Evaluación y selección de Zona de Expansión seleccionada

Figura 3.1: Esquema metodológico para selección de Zona de Expansión



Fuente: Unión Temporal Egis- Steer Metro de Bogotá, 2020

Etapa 1 - Análisis de transporte

- 3.3 Este análisis incluyó una evaluación a nivel estratégico que permitió determinar las necesidades de transporte de las zonas de la ciudad en donde existe potencial de expansión la PLMB-T1 e identificar las que requieren mayor cobertura del sistema de transporte público.
- 3.4 Se incluye caracterización en términos de movilidad de las zonas de la ciudad en donde existe potencial de expansión la PLMB-T1, basado en:
- Caracterización de la movilidad de las zonas preseleccionadas por EMB
 - En el documento *Identificación preliminar de alternativas para la Fase 2 de la Primera Línea del Metro para Bogotá* (EMB, 2020) se preseleccionaron zonas para la expansión de la PLMB-T1. La metodología empleada y su relación con el presente estudio serán presentadas más adelante en este documento.
 - Análisis de necesidades de transporte
 - Predominancia de uso de transporte público
- 3.5 Es importante aclarar que el análisis brinda un contexto de las condiciones de movilidad y predominancia del uso de transporte público en las zonas preseleccionadas, para posteriormente aplicar una evaluación basada en indicadores que permite seleccionar la Zona de Expansión de la PLMB-T1 y que cumple con la metodología planteada a lo largo del Capítulo 2.

Primera Línea del Metro de Bogotá – Tramo 1

- 3.6 La PLMB-T1 contemplada en el documento CONPES 3882 de 2017, ratificado en el CONPES 3899 de 2017 fue estructurada para su ejecución en dos tramos:
- T1: Desde el patio taller en Bosa hasta la estación Calle 72 y cola de maniobras hasta Calle 80.
 - T2: Calle 80 hasta Calle 127 con Autonorte
- 3.7 Posteriormente, según el documento CONPES 3900 de 2017, se especificó que la PLMB-T1 iniciará desde el patio taller en la localidad de Bosa, hasta la Calle 127. En la siguiente figura se observa el esquema de trazado de la PLMB-T1 según los documentos CONPES mencionados anteriormente.

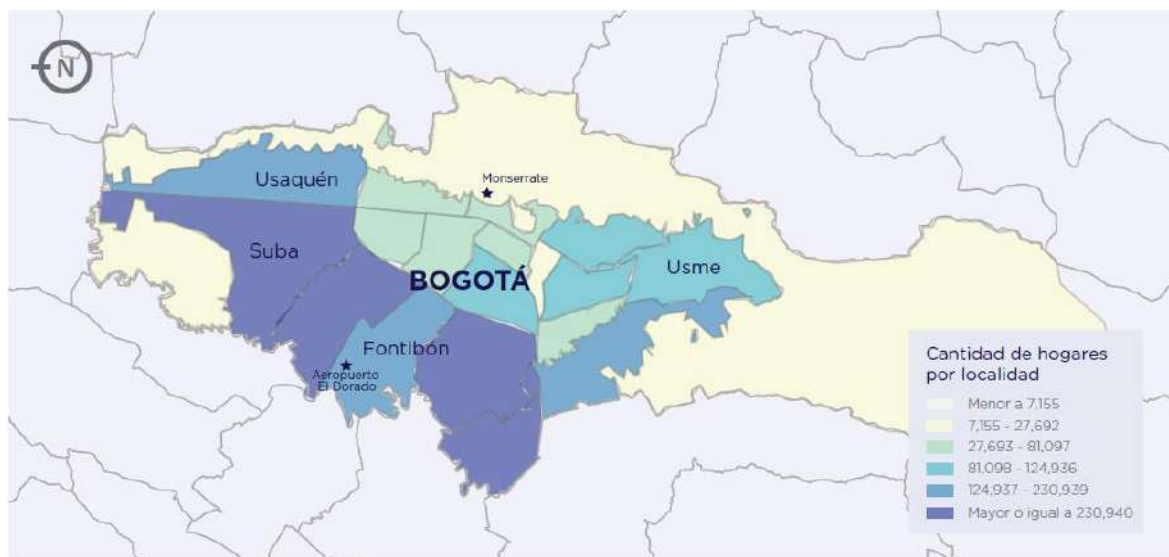
sistemas de transporte en Bogotá. Con información de las Encuestas de Movilidad de 2005, 2011 y 2015 y el modelo de transporte de Bogotá de 2018, obtuvieron las condiciones de oferta y demanda de las redes de transporte de la ciudad. De las condiciones de demanda identificaron 3 localidades principales de la ciudad que cuentan con la mayor producción de viajes y que no serán atendidas directamente por la oferta de transporte de la PLMB-T1. Estas localidades son Suba, Usaquén y Engativá.

- 3.10 Con base en los indicadores del componente de beneficios sociales por mejoras de transporte analizado previamente por SYSTRA para la PLMB-T1, se hizo un análisis de transporte de alternativas estratégicas en las zonas de influencia de las 3 localidades identificadas. Se definieron en dicho estudio 3 corredores que atienden Suba y/o Engativá y 2 corredores que atienden Usaquén.
- 3.11 El estudio de EMB encontró de forma preliminar que las alternativas de Suba traen los mejores beneficios de transporte para los indicadores definidos, y el análisis de sensibilidad para diferentes ofertas futuras arroja el mismo resultado. Se concluye que la expansión de la PLMB-T1 debe priorizarse hacia Suba y Engativá, y una expansión hacia el norte hasta la Calle 100, aumentaría los beneficios de transporte en mayor medida.

Caracterización socioeconómica de las Localidades

- 3.12 De acuerdo con la información de la EODH 2019, las localidades que presentan mayor concentración de hogares son Suba y Kennedy con el 15.4% y 13.4% respectivamente. El tamaño promedio del hogar en la localidad de suba es de 3,1 personas/hogar, Engativá 3,1 personas/hogar y Usaquén 2,8. personas/hogar

Figura 3.3: Cantidad de hogares por Localidad



Fuente: Unión temporal Steer – CNC – Encuesta de Movilidad, 2019 para SDM

- 3.13 En Bogotá, las localidades donde habita la mayor parte de la población se han mantenido a lo largo de los años y son Suba, Kennedy, Engativá, Bosa y Ciudad Bolívar pues albergan aproximadamente el 58% de los bogotanos. En la siguiente figura se muestra la cantidad de

personas por localidad, en donde se evidencia que las localidades de Suba y Engativá cuentan con una población superior a los 800,000 habitantes.

Figura 3.4: Cantidad de personas mayores de 5 años por localidad de Bogotá



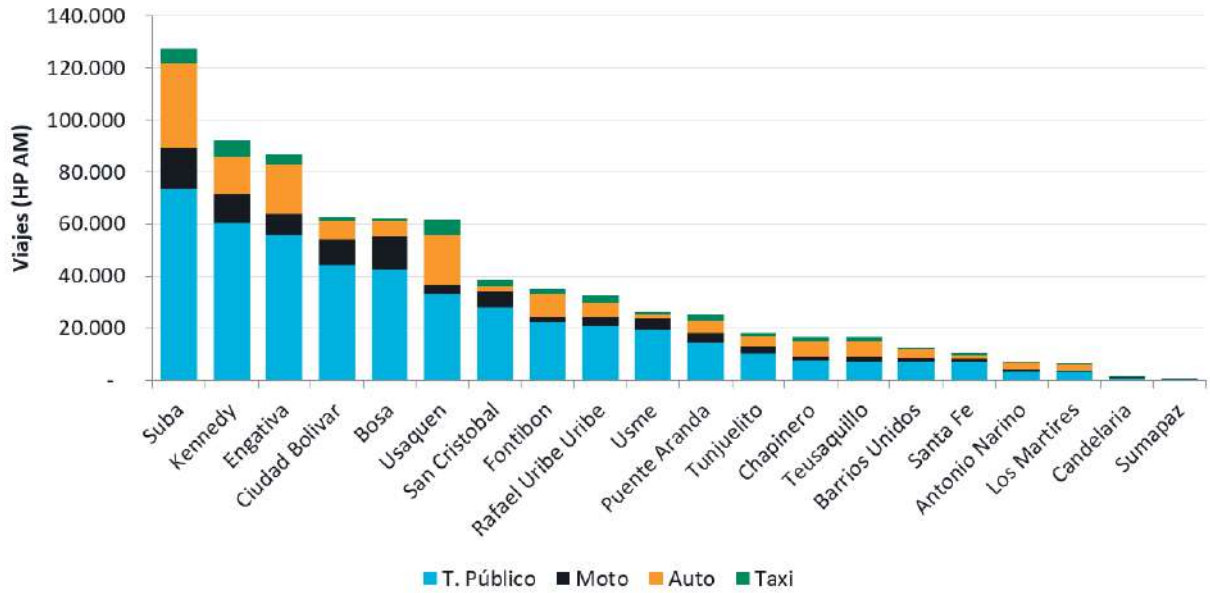
Fuente: Unión temporal Steer – CNC – Encuesta de Movilidad, 2019 para SDM

- 3.14 Respecto a las tasas de motorización, Bogotá tiene en promedio 237.9 vehículos motorizados por persona. La zona nororiental de la ciudad presenta los mayores indicadores de motorización con valores cercanos a los 459 vehículos por cada 1,000 habitantes en algunas UTAMs de las localidades de Usaquén y Chapinero, zonas en las cuales se presentan los mayores estratos socioeconómicos y el ingreso por hogar es alto.

Indicadores de Movilidad EODH 2019

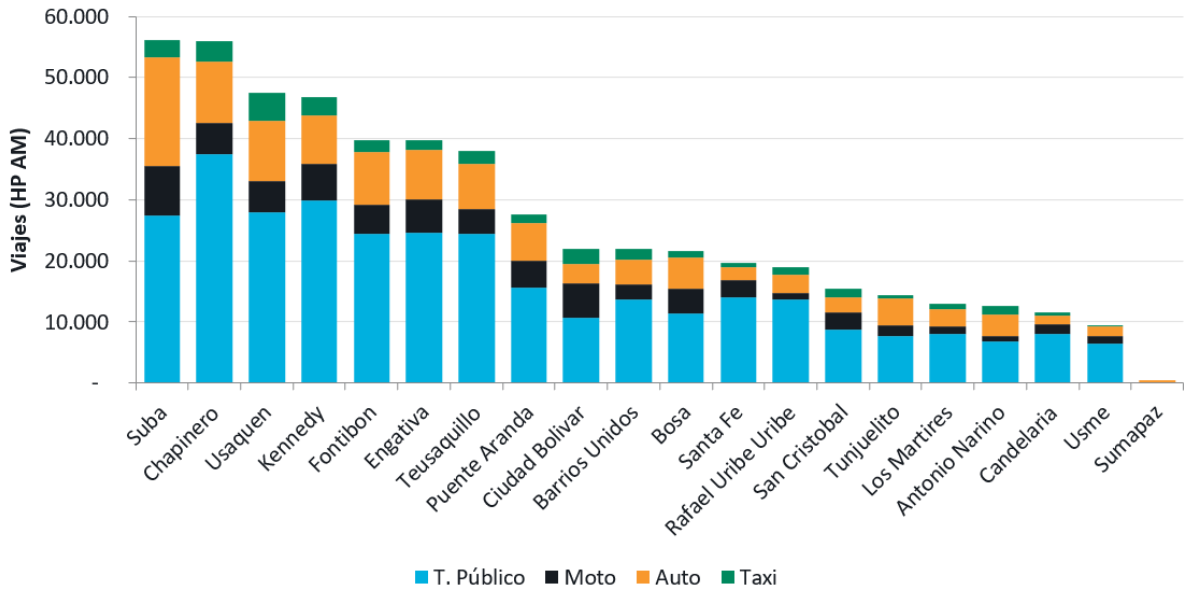
- 3.15 Con el fin de corroborar la preselección de zonas realizada en el estudio realizado por la EMB previamente señalado, se adelantó un análisis de los viajes y principales pares O-D de la matriz de transporte público y privado, información disponible en la Encuesta de Movilidad 2019. Este análisis pretende hacer un ejercicio complementario para la identificación de localidades y cuencas de interés para la expansión de la PLMB-T1.
- 3.16 Se analizó la estructura de la demanda de viajes de la ciudad, tomando como base el periodo comprendido entre las 6:30 am y las 7:30 am, en donde se presentan las horas de máxima demanda de los modos analizados.
- 3.17 Se evaluaron los orígenes y destinos de los viajes en modos motorizados en la HPAM por localidad, obteniendo un agregado de viajes generados y atraídos por cada localidad. Los resultados se pueden observar en las siguientes gráficas.

Figura 3.5: Viajes motorizados generados por localidad en la HPAM



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020, con base en la Encuesta de Movilidad 2019

Figura 3.6: Viajes motorizados atraídos por localidad en la HPAM

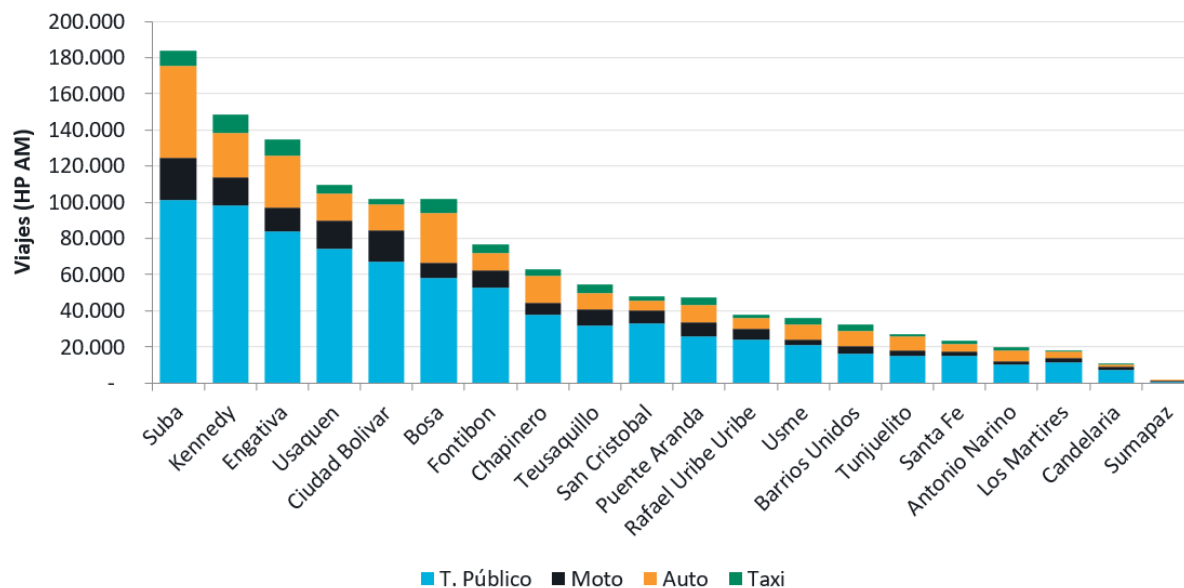


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020, con base en la Encuesta de Movilidad 2019

3.18 De las gráficas anteriores se puede observar una alta concentración de producción de viajes en las localidades de Suba, Kennedy y Engativá, con una proporción de viajes en transporte público de 60% en promedio entre la totalidad de viajes en modos motorizados. Por otra parte, la atracción de viajes es predominante en Suba, Chapinero, Usaquén y Kennedy. A continuación, se observa la

totalidad de viajes en la HPAM por localidad para modos motorizados, agregando viajes generados y atraídos.

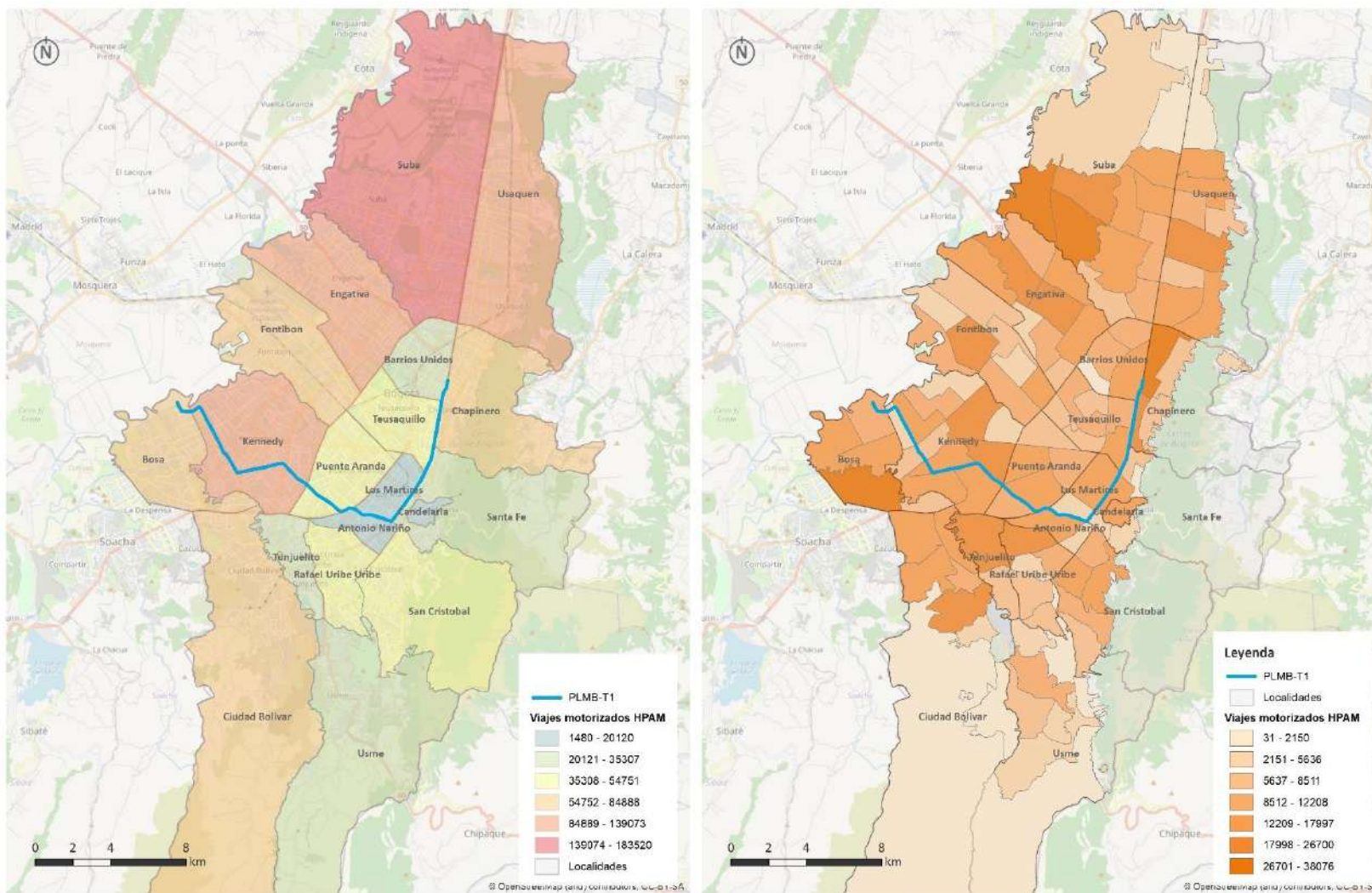
Figura 3.7: Viajes motorizados totales por localidad en la HPAM



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá con base en la Encuesta de Movilidad 2019

- 3.19 En la gráfica anterior se identifican las localidades con la mayor concentración de viajes totales en modos motorizados: Suba, Kennedy, Engativá y Usaquén, las cuales representan el 44% de los viajes totales de la ciudad en modos motorizados para la HPAM.
- 3.20 En las siguientes gráficas se encuentran representados los viajes totales en modos motorizados para cada localidad y Unidad Territorial de Análisis de Movilidad (UTAM), evidenciando la alta concentración de viajes en el Norte y Noroccidente de la ciudad.

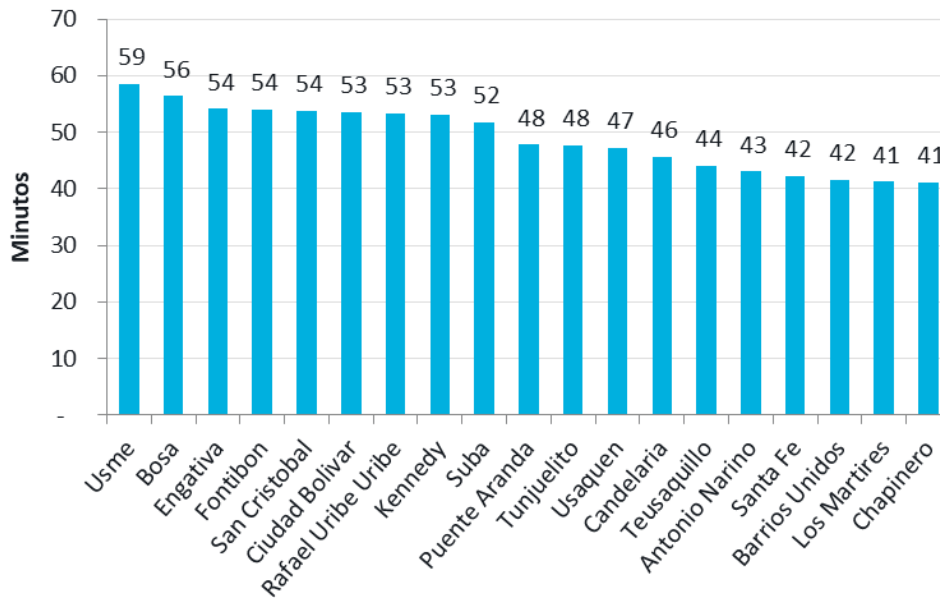
Figura 3.8: Viajes totales en modos motorizados HPAM por localidad y por UTAM



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá con base en la Encuesta de Movilidad 2019

3.21 En la siguiente figura se observa la duración promedio de los viajes para el modo principal en cada localidad. Las localidades con menores tiempo de viaje reportados por sus habitantes son Chapinero y Los Mártires con 41 minutos, esto obedece a dos posible situaciones i). que se encuentran en el centro expandido de la ciudad y cerca de los principales lugares de trabajo y estudio, o ii). sus viajes en hora punta los realizan en la dirección del sentido menos congestionado. Caso contrario con Usme, Bosa y Engativá que reportan los mayores tiempos de viaje y se encuentran en la periferia de la ciudad.

Figura 3.9: Tiempo promedio de viaje en minutos por modo de transporte principal en el área de estudio



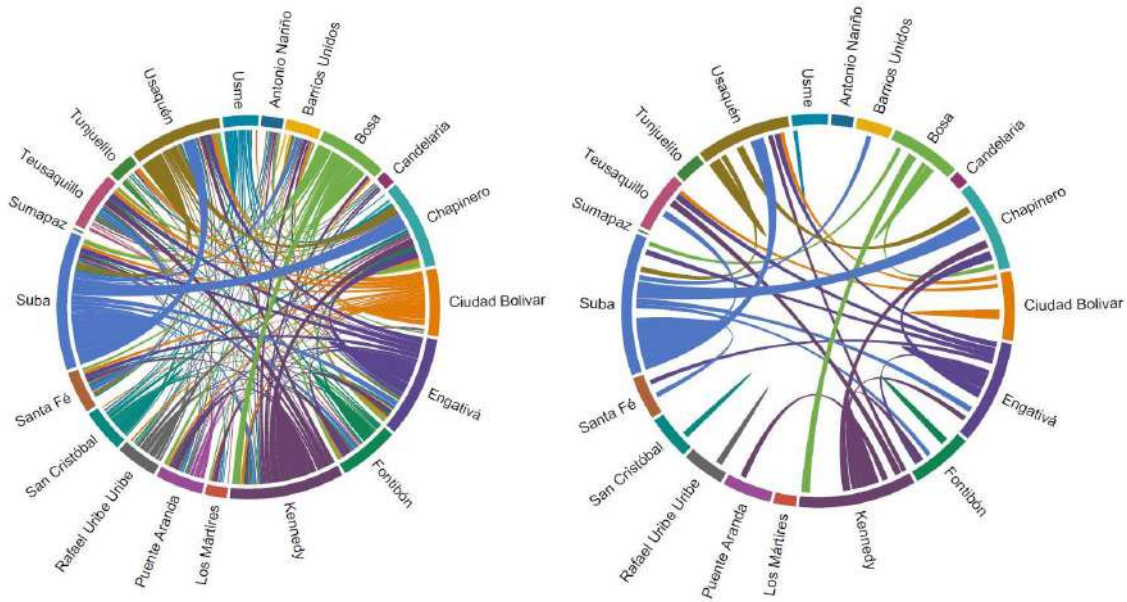
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020, con base en la Encuesta de Movilidad 2019

Relaciones Origen-Destino

3.22 Las relaciones Origen-Destino de viajes motorizados durante la HPAM muestran la fuerte relación entre algunas localidades. Los pares Origen-Destino con mayor número de viajes son:

- Suba-Chapinero
- Suba-Usaquén
- Engativá-Chapinero
- Bosa-Kennedy
- Usaquén-Chapinero
- Kennedy-Chapinero

Figura 3.10: Relaciones Origen-Destino totales (izq) y predominantes (der) de viajes motorizados para la HPAM entre localidades



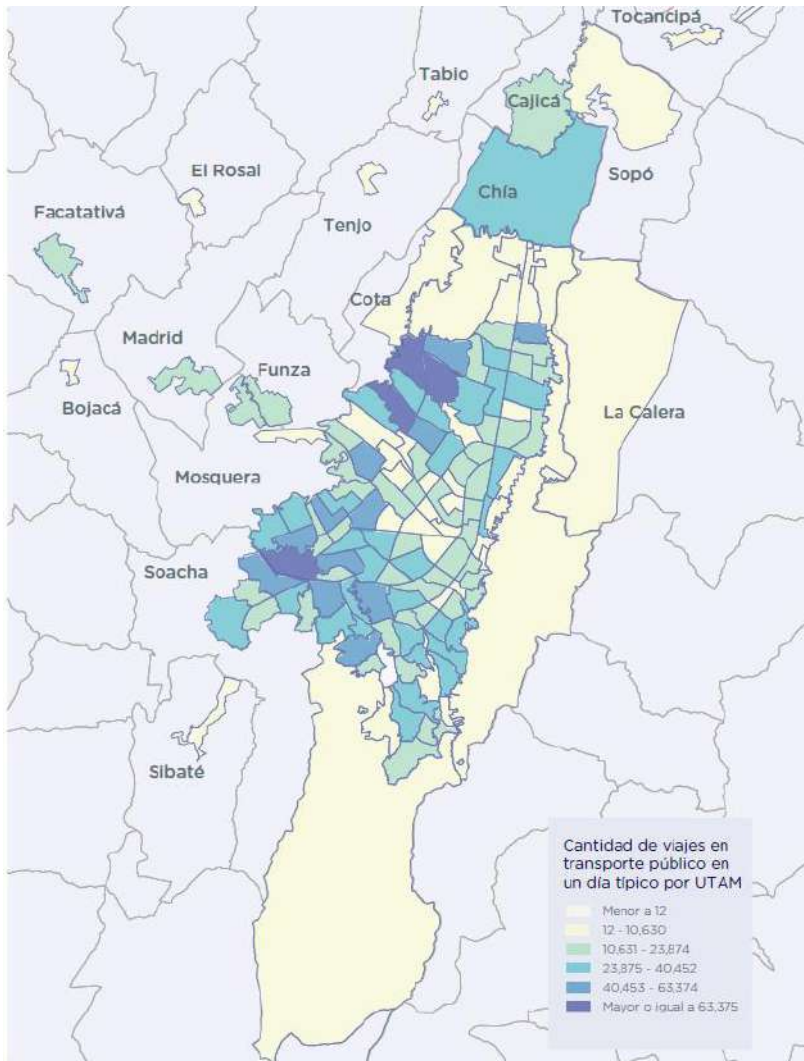
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020, con base en la Encuesta de Movilidad 2019

- 3.23 En la gráfica anterior se observa la totalidad de los pares Origen-Destino de los viajes motorizados en la hora de máxima demanda del periodo AM y los pares predominantes (más cargados). Entre más ancho sea el enlace entre localidades, existe una mayor cantidad de viajes en ese par. En la gráfica de la derecha se observan los pares predominantes mencionados anteriormente, junto con otros que concentran un número de viajes considerable.

Predominancia de usuarios de transporte público

- 3.24 En Bogotá y los 19 municipios del área de influencia se realizan 5,6 millones de viajes cuyo modo principal es el transporte público (TransMilenio, TransMicable, bus alimentador, intermunicipal, SITP provisional y SITP zonal), que representa el 26,1% del total de los viajes que se realizan en el área mencionada (viajes mayores a 5 minutos de personas mayores de cinco años) y el 41,1% de los viajes motorizados. Cerca de 4,7 millones de viajes se originan en el borde occidental de Bogotá. Las mayores tasas de viaje por persona en transporte público en la ciudad se presentan hacia la periferia y en la medida que incrementa el estrato y valor del suelo, las tasas disminuyen.
- 3.25 En Bogotá, el 88.5 % de los viajes en transporte público de Bogotá se concentran en los estratos 1, 2 y 3. Por lo anterior, el transporte público juega un papel muy importante en las actividades económicas de la ciudad, el mejoramiento del nivel de vida de los habitantes y las inversiones y proyectos que prioricen su uso y favorezcan las condiciones de operación, generan un gran impacto en la población.

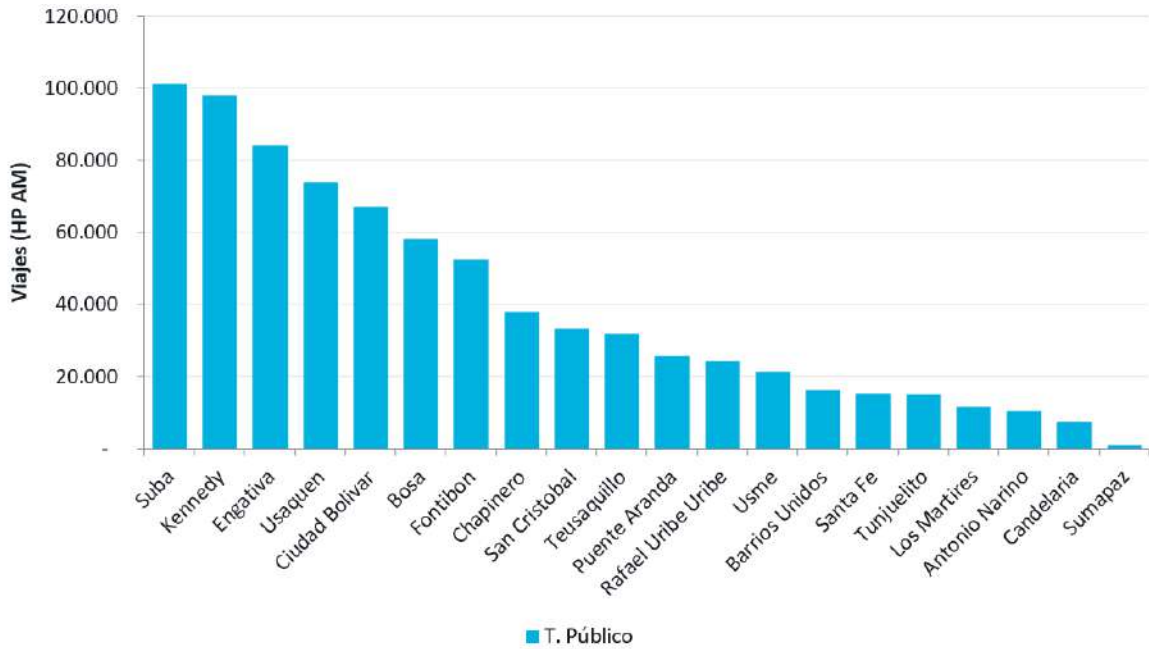
Figura 3.11: Cantidad de viajes en transporte público en un día por UTAM



Fuente: Unión temporal Steer – CNC – Encuesta de Movilidad, 2019 para SDM

3.26 Respecto a los viajes en transporte público en la HPAM se puede observar la diferencia entre localidades en la siguiente gráfica. Suba concentra la mayor cantidad de viajes, con origen o destino en la localidad, seguida por Kennedy, Engativá y Usaquén.

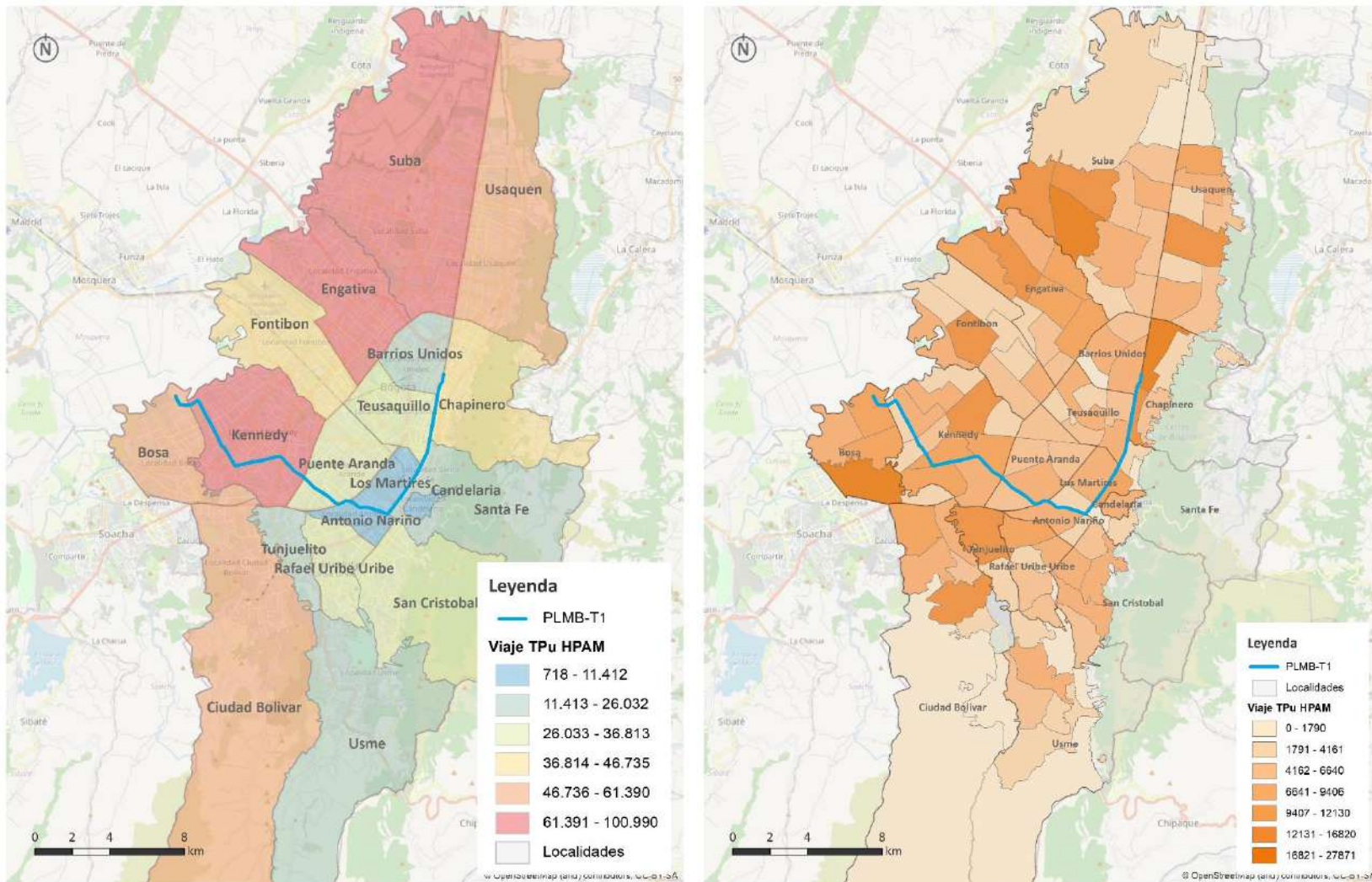
Figura 3.12: Viajes totales (generados y atraídos) en transporte público HPAM por localidad



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020, con base en la Encuesta de Movilidad 2019

3.27 En la siguiente figura se observa la cantidad de viajes (con origen o destino) en transporte público representados geográficamente por localidades y por UTAM en Bogotá. Se evidencia que las localidades con mayores viajes generados y atraídos en transporte público no se encuentran cubiertas por la PLMB-T1 (exceptuando Kennedy como puede observarse en las siguientes figuras), indicando la necesidad de analizar la expansión de la PLMB-T1 hacia Engativá, Suba y Usaquén.

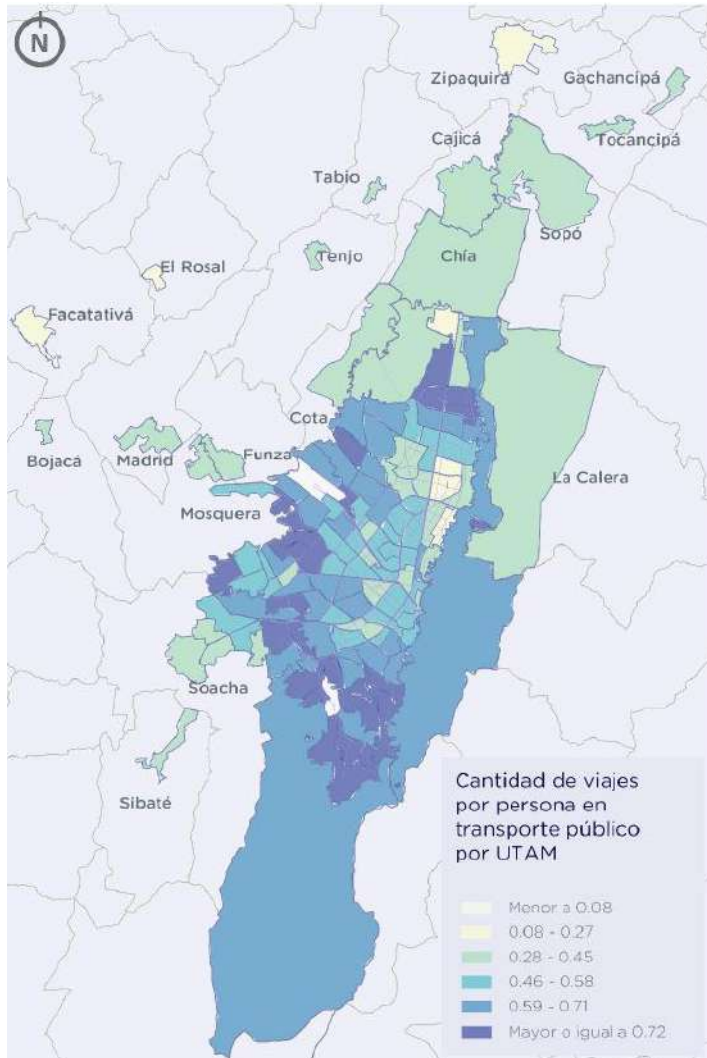
Figura 3.13: Viajes totales en transporte público HPAM por localidad y por UTAM



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá con base en la Encuesta de Movilidad 2019

3.28 En la figura a continuación, se presenta la tasa de viajes al día en transporte público por UTAM, según la encuesta de Movilidad 2019. Se observan las mayores tasas de viaje por persona en transporte público en la periferia de la ciudad de Bogotá y disminuyen cerca del centro expandido. La tasa de viajes tiene en cuenta aquellos viajes que fueron realizados en TransMilenio, SITP Zonal, SITP provisional, TransMicable, bus alimentador y bus intermunicipal.

Figura 3.14: Tasa de viajes en transporte público por persona que viaja por UTAM en Bogotá



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá con base en la Encuesta de Movilidad 2019

3.29 Con la información de matrices de transporte público construidas para el modelo de transporte de Bogotá para la hora pico de la mañana (6:30 am a 7:30 am), actualizadas en 2019, se puede ver como en los sectores del Norte y el noroccidente hay una gran cantidad de viajes en transporte público generados. En las figuras a continuación se presentan los viajes de transporte público atraídos y generados por Zona de Análisis de Transporte (ZAT).

Figura 3.15: Origen de viajes en transporte público HPAM

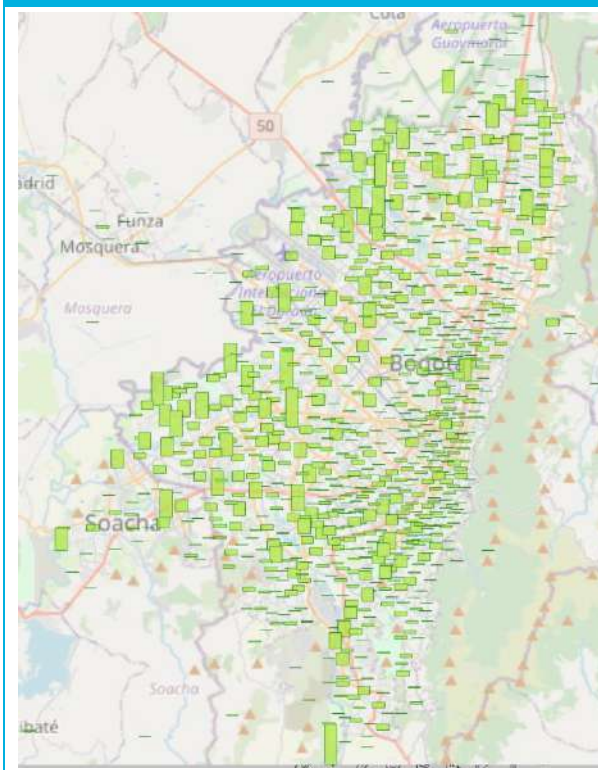
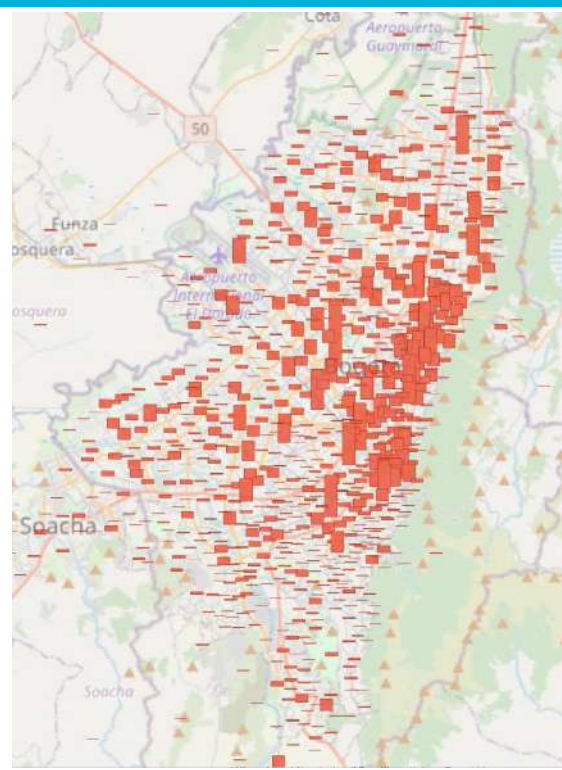


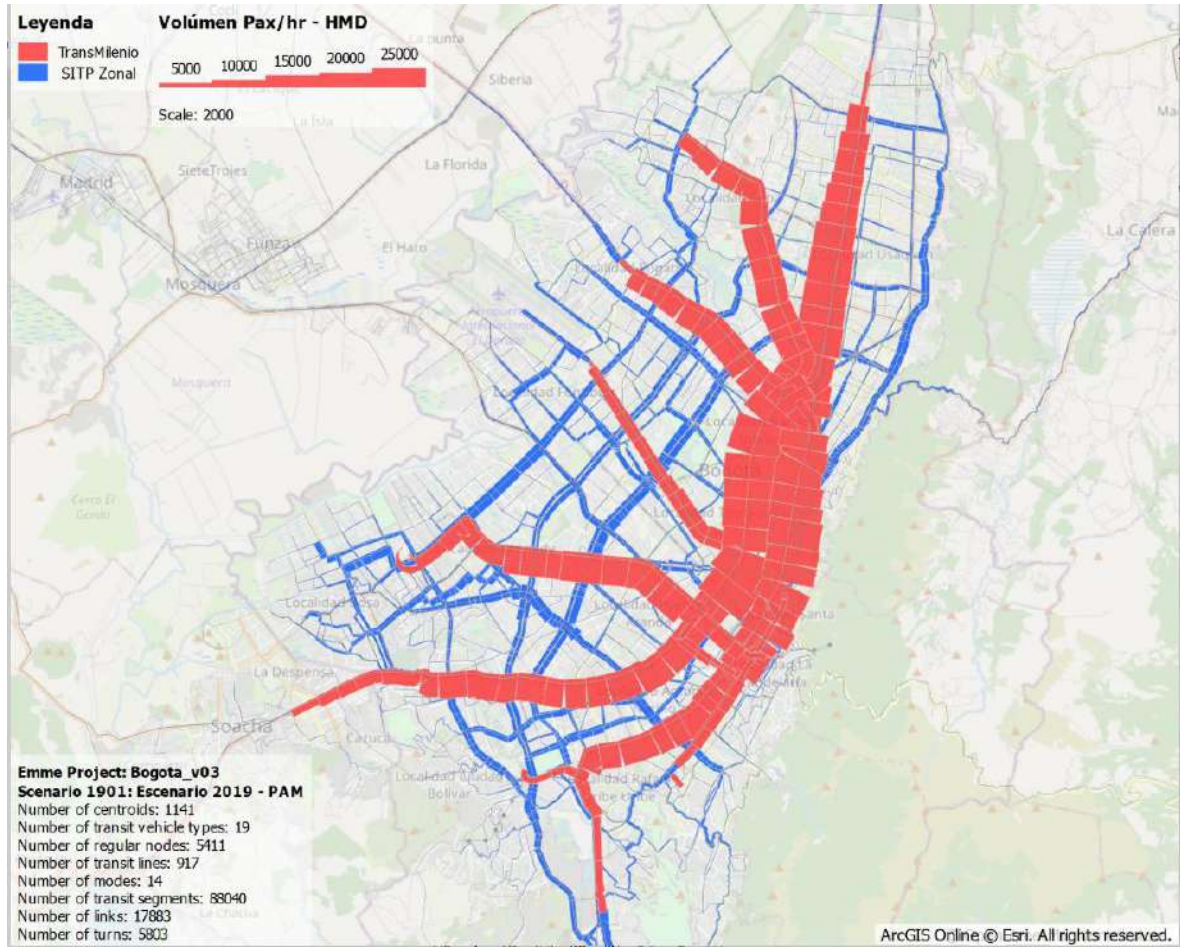
Figura 3.16: Destino de viajes en transporte público HPAM



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 3.30 En las figuras se evidencia la conveniencia de una conexión de las localidades preseleccionadas por el estudio preliminar de EMB en 2020 con el centro expandido de la ciudad, debido a la alta generación de viajes en la hora pico de la mañana. Esta necesidad se ve reforzada al observar los flujos de pasajeros por hora sentido en el transporte público de la ciudad en la figura a continuación.

Figura 3.17: Cargas en el transporte público de la red de Bogotá



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 3.31 En la figura anterior se muestra como las mayores cargas de pasajeros se presentan en el sentido occidente-oriente en las troncales de la Calle 80 y Suba. Para el caso del corredor Autopista Norte (que sirve a las localidades de Chapinero y Usaquén) se observa un mayor balance direccional de las cargas en los sentidos, mientras que para la Troncal de la Calle 80 (que sirve a la localidad de Engativá) y Av. Suba (que sirve a la localidad de Suba) se observa que en la hora de máxima demanda de la mañana hay una alta generación y muy baja atracción.
- 3.32 En conclusión, analizando tanto los orígenes y destinos de la matriz calibrada de transporte público de la ciudad para 2019, como las cargas de los sistemas de transporte público, es evidente la necesidad de proveer de una red de transporte de mayor capacidad para la zona norte y noroccidente de la ciudad como se muestra en la Figura 3.10. el análisis de pares origen destino en viajes motorizados entre localidades.

Análisis de necesidades de transporte

- 3.33 En el análisis de necesidades de transporte se identifica por medio de un indicador las zonas de Bogotá que, según algunas variables de condiciones socioeconómicas, necesitan acceso al transporte público predominantemente. Esto no significa que estas zonas no tengan cobertura, sino que son las zonas que por sus condiciones poblacionales necesitan tener dicho acceso.
- 3.34 Este indicador es independiente de la oferta de transporte existente en la ciudad, y se basa en los datos reportados en 2017 por el DANE en la Encuesta Multipropósito de Bogotá. Se aclara que la información recolectada en el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 no presenta en nivel de detalle necesario para algunas variables de interés en el análisis, específicamente las de tenencia de vehículo y condiciones de empleo, por lo anterior, la mejor información disponible es la Encuesta Multipropósito 2017.
- 3.35 A continuación, se describe la metodología desarrollada para este análisis y los resultados obtenidos.

Metodología

- 3.36 La metodología desarrollada para identificar las necesidades de transporte se basa en el cálculo de un indicador llamado Índice de Necesidades de Transporte (INT)¹.
- 3.37 El INT se construye combinando diferentes variables socioeconómicas, agrupadas por zonas de análisis, y que han sido identificadas en la literatura, como factores determinantes de la dependencia del transporte público para movilizarse, y han sido referidas como “factores de desventaja de transporte. A estas variables se da un peso según el efecto que producen en la dependencia del transporte público. Se enumeran a continuación las variables usadas para el presente análisis, con su peso correspondiente basado en el estudio de Farbiarz (2013) para Bogotá².

Tabla 3.1: Variables a analizar en el INT y sus pesos correspondientes

Variable	Peso (W_i)
Población mayor a 16 años sin acceso a vehículo privado	30.5%
Población mayor a 60 años	8.5%
Población con limitaciones físicas o psicológicas para realizar actividades cotidianas	2.0%
Población buscando trabajo	1.5%
Población menor a 5 años	1.0%

¹ Esta metodología ha sido aplicada principalmente en Australia, país en donde fue desarrollada por el profesor Graham Currie de la Universidad de Monash, en Melbourne. En Colombia, el profesor Ciro Jaramillo de la Universidad del Valle en Cali aplicó esta metodología para determinar el cubrimiento de las necesidades de transporte del sistema Metrocali. Igualmente, Viviana Farbiarz, miembro del equipo consultor, desarrolló esta metodología aplicada al sistema de transporte público de Bogotá, como investigación para sus tesis de maestría en la Universidad de Leeds, en Inglaterra. Además de las aplicaciones académicas antes descritas, Steer ha aplicado esta metodología en diferentes proyectos en el Reino Unido, como parte del análisis integral de diversos sistemas de transporte público.

² Fuente: Farbiarz, V. (2013). *Measuring the disparity in Bogota's Public Transport System*. Leeds: The University of Leeds

Variable	Peso (W_i)
Población estudiantil	16.0%
Población en estrato 2 o menos	30.9%
Población que no sabe leer ni escribir	9.6%

Fuente: Unión Temporal Egis- Steer con base en Farbiarz, V. (2013). *Measuring the disparity in Bogota's Public Transport System*. Leeds: The University of Leeds

- 3.38 Los valores de población para cada variable se obtienen para cada UPZ de la ciudad de Bogotá, con base en la información de la Encuesta Multipropósito del DANE (2017). Posteriormente se calcula el ITN como la suma ponderada de los factores de desventaja, y como resultado las zonas con altas necesidades de transporte tendrán un valor más alto del índice. El cálculo del ITN corresponde a la siguiente ecuación:

$$ITN_j = \sum_{i=1}^n TI_{ij}W_i$$

- 3.39 En esta ecuación el ITN_j es el índice de necesidades de transporte de la UPZ j , TI_{ij} es el valor normalizado para la variable i de la UPZ j y W_i es el peso de la variable i . Para tener un indicador que sea comparable, debe normalizarse para que sea un valor entre 0 y 1 con la siguiente fórmula:

$$TI_{ij} = \frac{I_{ij} - I_i^{min}}{I_i^{max} - I_i^{min}}$$

- 3.40 En esta ecuación, I_{ij} es el valor de cada variable i para cada UPZ j , I_i^{min} y I_i^{max} corresponden al mínimo y máximo valor de la variable para todas las UPZ de la ciudad. Posteriormente, se hace un análisis que agrega las UPZ según cada localidad a la que corresponde. A continuación, se muestran los resultados del indicador:

Tabla 3.2: Índice de necesidades de transporte para cada localidad

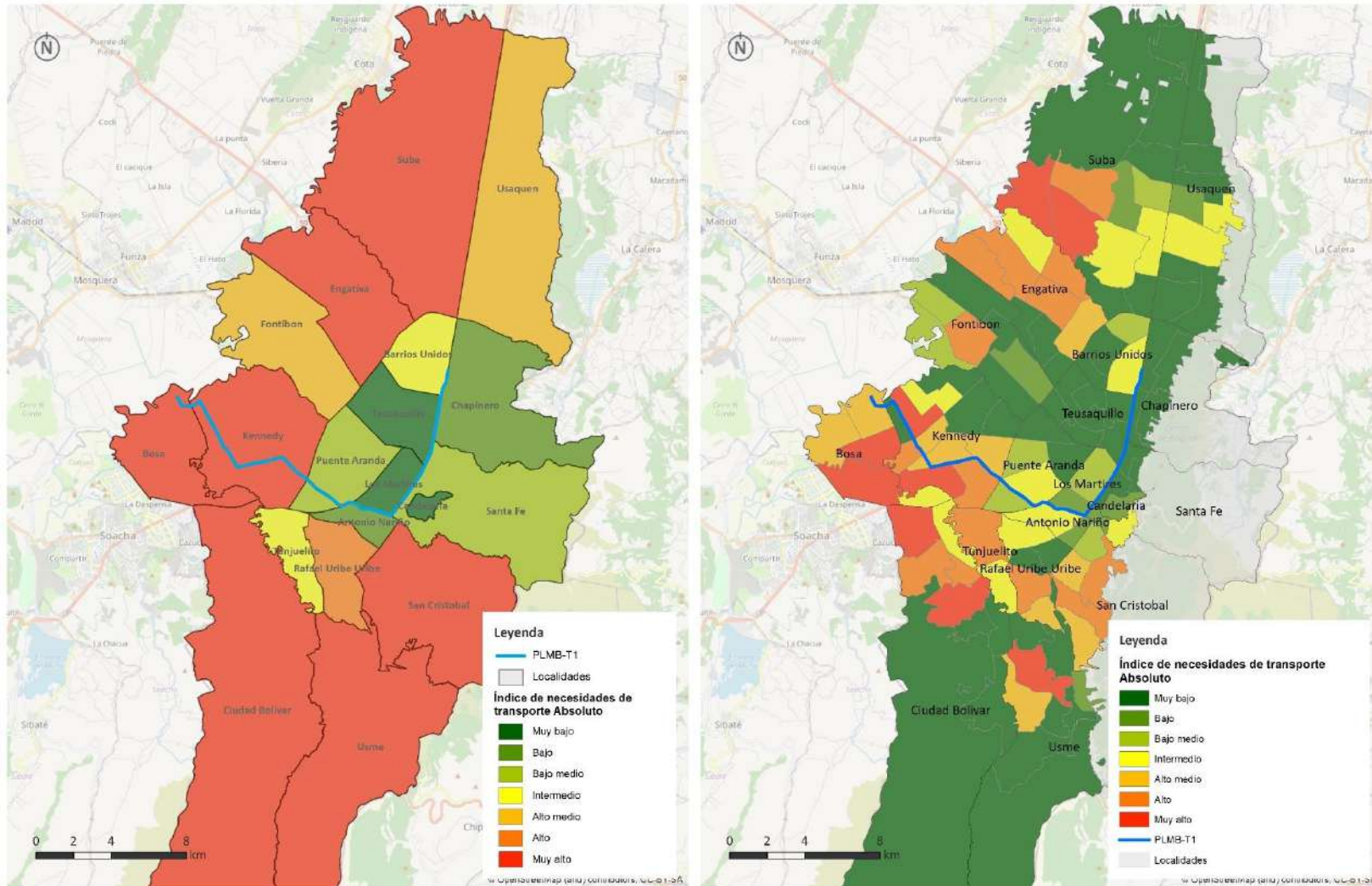
Localidad	Índice de necesidades de transporte
Kennedy	0.95
Suba	0.86
Ciudad Bolívar	0.76
Bosa	0.74
Engativá	0.55
San Cristóbal	0.38
Usme	0.37
Rafael Uribe Uribe	0.30
Usaquén	0.23
Fontibón	0.23
Tunjuelito	0.14

Localidad	Índice de necesidades de transporte
Barrios Unidos	0.13
Puente Aranda	0.11
Santa Fe	0.08
Chapinero	0.05
Antonio Nariño	0.05
Teusaquillo	0.04
Los Mártires	0.04
Candelaria	0.01

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá

- 3.41 A continuación, se presenta el resultado del indicador para cada UPZ y localidad de forma gráfica. Se observa que las UPZ Tibabuyes y Rincón de la localidad de Suba concentran una gran cantidad de población con dependencia del transporte público., así como UPZ de las localidades de Bosa, Kennedy y Ciudad Bolívar. Las localidades con mayores necesidades de transporte público son Kennedy, Suba, Bosa, Engativá y Ciudad Bolívar. Localidades como Chapinero, Candelaria, Teusaquillo y Los Mártires presentan un menor índice de necesidades de transporte por las características socioeconómicas de su población.
- 3.42 Con base en los resultados obtenidos en la tabla anterior para las localidades de Bogotá, los valores del ITN se aplicarán en el análisis multidimensional de la Zona de Expansión para en el criterio de Mejoras de Transporte del componente Beneficios Sociales. Más adelante en el documento se observa la aplicación del ITN (aplicado por localidad) en los Resultados de la evaluación final de la Zona de Expansión.

Figura 3.18: Índice de necesidades de transporte para cada UPZ y Localidad de Bogotá

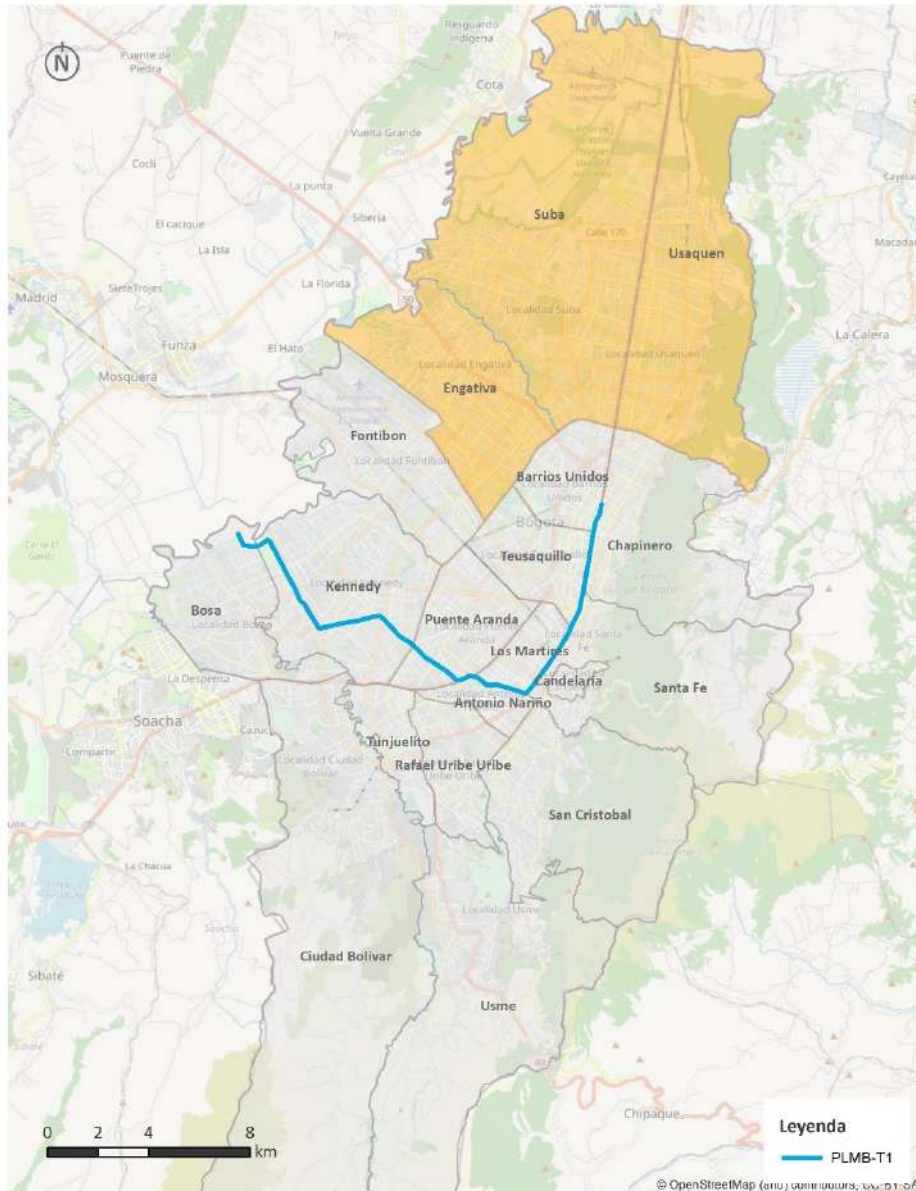


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá

Zonas de expansión a analizar

- 3.43 Con base en los resultados de movilidad analizados y detallados anteriormente y conforme a los resultados obtenidos por EMB en la identificación preliminar de alternativas, se concluye que el análisis de Zona de Expansión debe acotarse a las localidades de Engativá, Suba y Usaquén, debido a que son las localidades que presentan una demanda prioritaria de transporte y que no serán atendidas por la PLMB-T1 estructurada en la actualidad. La acotación se hace para poder analizar con mayor detalle las localidades de interés en las siguientes Fases del Proyecto.

Figura 3.19: Localidades a analizar para la selección de las(s) zona(s) de expansión de la PLMB-T1



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Etapa 2 – Batería de indicadores

- 3.44 Tal cómo se indicó en el capítulo de contexto y definiciones clave, a partir de la información secundaria disponible y en mesas de trabajo con FDN y EMB, el equipo Consultor presentó una batería de indicadores que permite evaluar de forma robusta la Zona de Expansión a priorizar.
- 3.45 Para la evaluación que permitió escoger la zona de expansión, a continuación, se describe la batería de indicadores incorporada en el análisis de la actividad 1 de la Fase 1.

Tabla 3.3: Componente, criterios, indicadores para selección de Zona de Expansión

Componente	Criterio	Indicador
Impacto en la estructura ecológica principal	Elementos de la Estructura Ecológica Principal	Área de traslape con los elementos de la EEP (Corredores ecológicos, sistemas de áreas protegidas del Distrito Capital, Parques Urbanos y Área de Manejo Especial del Río Bogotá)
Mejoras en transporte	Mejoras de transporte	Pasajeros transportados en metro en la hora de máxima demanda
		Ahorro en tiempo de viaje de la ciudad-región en la hora de máxima demanda
		Índice de necesidades de transporte
		Conectividad ofertada por la red de metro
	Intermodalidad	Número total de pasajeros utilizando metro-Regiotram + metro-BRT
		Nivel de servicio de la red de transporte masivo

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 3.46 Teniendo en cuenta que el objetivo de la actividad 1 es adelantar un análisis de transporte en las zonas preseleccionadas a partir del modelo de 4 etapas de planificación de transporte de Bogotá Región, se definieron indicadores asociados a la demanda de transporte: pasajeros transportados, ahorro en tiempo de viaje de los usuarios, conectividad y el índice de necesidades de transporte que involucra elementos de las características socioeconómicos de la población para indicar la importancia de proveer y garantizar servicio público de transporte de una zona para satisfacer sus necesidades de movilidad y mejorar las oportunidades de acceso a las actividades económicas de la población.
- 3.47 Adicional a los indicadores de las mejoras en transporte medidos a través del modelo de 4 etapas de planificación de la ciudad, se consideró importante incluir indicadores que permitan identificar en esta etapa del estudio, los posibles cruces que se presenten con los elementos de la Estructura Ecológica Principal (EEP), a través de una metodología que será desarrollada más adelante.
- 3.48 En esta etapa de selección el objeto principal es identificar la zona en donde se maximicen los beneficios a los habitantes de la ciudad, razón por la cual no se incorporaron indicadores financieros o urbanos que serán objeto de análisis en la etapa de identificación y análisis de alternativas y la aplicación de la matriz multicriterio de la Fase 2.
- 3.49 Con estos elementos, se entrega al Comité Técnico la recomendación de zona de expansión de la PLMB-T1.

3.50 En la siguiente figura se muestra un esquema de la metodología aplicada y en los capítulos siguientes se presentará el detalle de los análisis realizados.

Figura 3.20: Esquema metodológico de descripción de criterios e indicadores



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

3.51 A continuación, se describen las características de cada uno de los indicadores incorporados en la evaluación de zona de expansión

Componente de Impacto Ambiental

3.52 Es componente se enfoca en evaluar las restricciones ambientales que podrían impactar las alternativas propuestas acorde con el POT Vigente de Bogotá, así como analizar de manera comparativa cada una de las alternativas, identificando los cruces con los elementos de la Estructura Ecológica Principal –EEP.

Impacto con los elementos de la Estructura Ecológica Principal -EEP

3.53 Este indicador hace referencia a la afectación de los elementos de la Estructura Ecológica Principal (Corredores ecológicos, sistemas de áreas protegidas del Distrito Capital, Parques Urbanos y Área de Manejo Especial del Río Bogotá).

Tabla 3.4: Indicador traslape con los elementos de la estructura ecológica principal - EPP

Ítem	Descripción
Objetivo	Identificar los cruces de las alternativas con los elementos de la Estructura Ecológica Principal -EPP
Variables del indicador (entradas)	Cruce de las alternativas con las capas de la Estructura Ecológica Principal descargadas en el visor de la Secretaria Distrital de Ambiente -SDA: <ul style="list-style-type: none"> - Capa Áreas protegidas. - Capa corredores de ronda. - Capa cuenca alta del rio Bogotá. - Capa Franja de adecuación. - Capa parques urbanos. - Capa Reserva Forestal Thomas Van Der Hammen - Capa ronda hidráulica. - Capa ZMPA.

Ítem	Descripción
Metodología de cálculo	<p>El indicador se calcula como el área de traslape con elementos de la estructura ecológica principal (Corredores ecológicos, sistemas de áreas protegidas del Distrito Capital, Parques Urbanos y Área de Manejo Especial del Río Bogotá) que se interceptarán en cada una de las alternativas de trazado, para lo cual se emplearán capas de los elementos de la EEP de la ciudad de Bogotá, para identificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Santuario Distrital de Fauna y Flora. ▪ Área Forestal Distrital. ▪ Parque Ecológico Distrital (Reserva Forestal Distrital y Humedales) ▪ Parques Urbanos de escala metropolitana y zonal. ▪ Corredores ecológicos. ▪ Área de Manejo Especial del Río Bogotá. <p>Para el cálculo del área de afectación se tomó un búfer de 400m.</p>
Unidad de medición	Área de afectación en hectáreas (Ha)
Naturaleza	Cuantitativo
Visualización	Mapas y aéreas interceptadas de la estructura ecológica principal en cada una de las alternativas
Nivel	Ciudad Bogotá
Calificación	A mayor área de traslape con los EEP tendrá una calificación menor

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

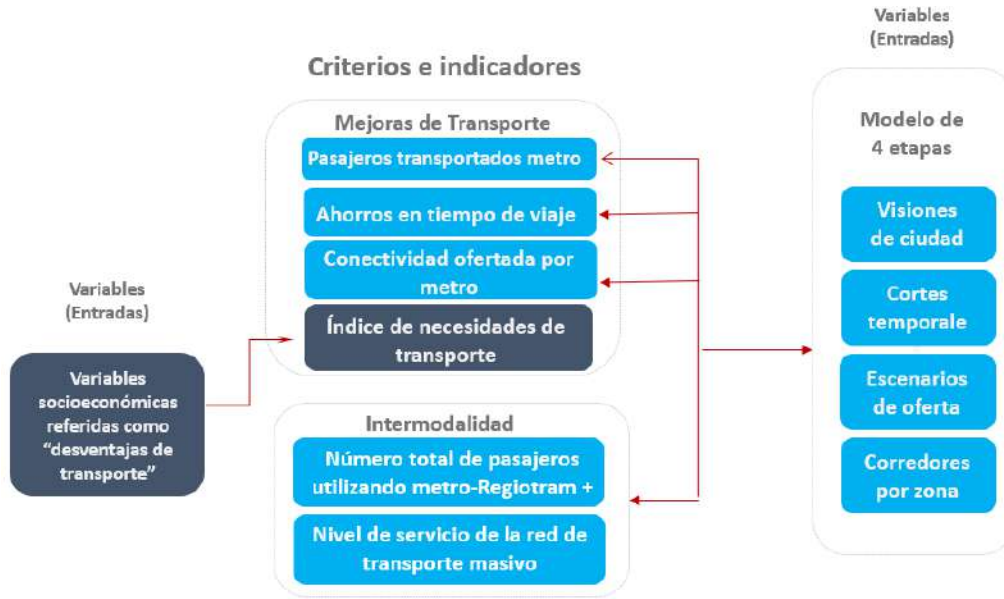
- 3.54 Para el desarrollo del anterior indicador se determinó un búfer de 400 m teniendo en cuenta la Guía Para la Definición, Identificación Y Delimitación del Área de Influencia de julio de 2018 publicada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.³,

Componente Beneficios sociales

- 3.55 Este componente cuantifica las mejoras esperadas por el proyecto en el servicio de transporte público en la Zona de Expansión. Se evalúa el impacto en los sistemas de transporte de la ciudad y los beneficios generados por la red de metro, a través de dos criterios: “Mejoras de transporte” e “Integración modal”.
- 3.56 A continuación, se muestra un esquema de la metodología utilizada y en los subcapítulos siguientes el detalle de los insumos utilizados y los resultados obtenidos. Al final del subcapítulo se incluye una explicación de la metodología aplicada para el cálculo de los indicadores.

³ En dicha guía tienen en cuenta diferentes áreas de medición para cada uno de los componentes, físico y biótico que hacen parte del área de influencia. A saber: “se pueden observar los criterios espaciales tenidos en cuenta para la definición del área de influencia del componente fauna, como son las coberturas naturales con aprovechamiento de recursos, las restricciones de la zonificación de manejo, un radio de 500 m para cada punto de ocupación de cauce y un búfer de 100 m a cada lado del corredor o vías de movilidad”. Teniendo como base la información de la guía y por tratarse de estudios de prefactibilidad, se definió un búfer de 400 metros, el cual es superior al referenciado en la guía mencionada.

Figura 3.21: Esquema metodológico del cálculo de indicadores para el componente del modelo de transporte



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

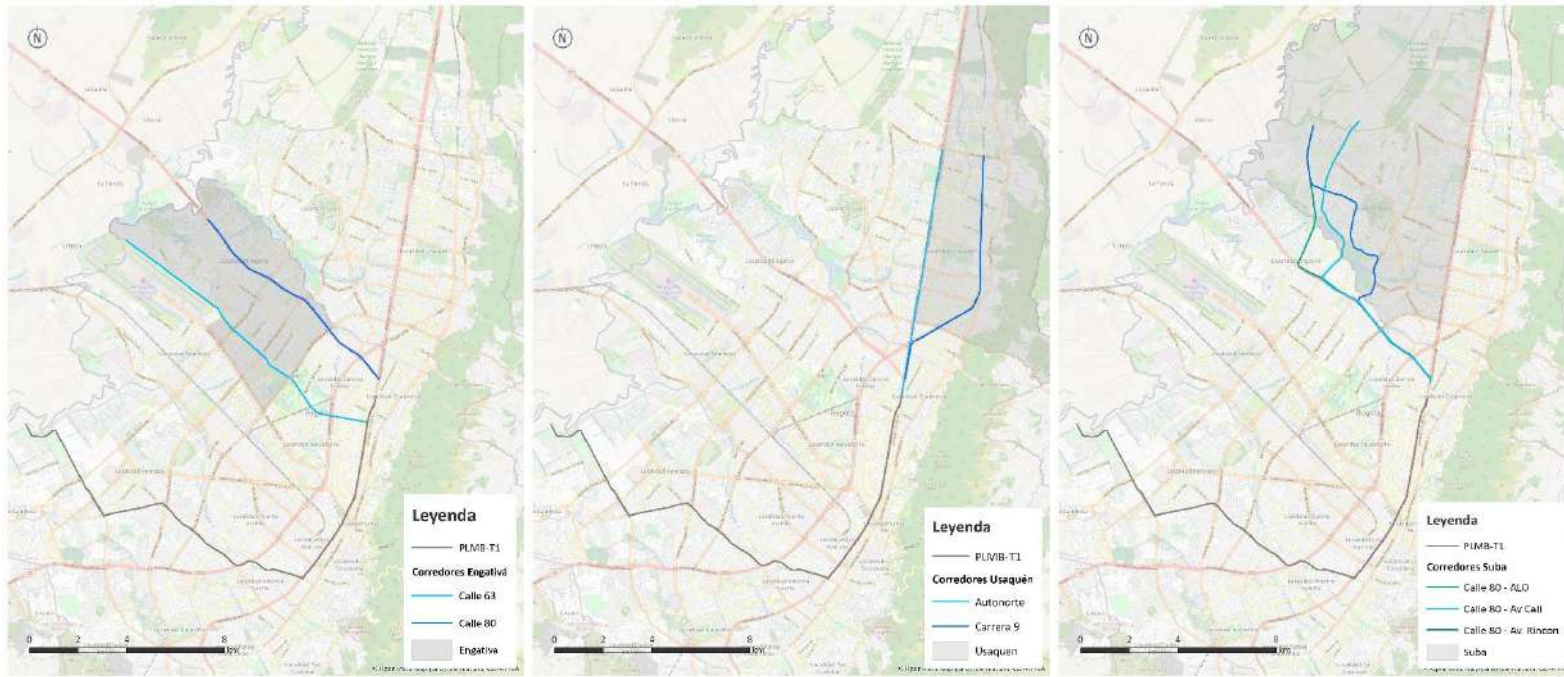
- 3.57 Para el cálculo de indicadores del componente de beneficios sociales se utilizó principalmente la información base del modelo de 4 etapas actualizado a julio de 2020 y se incorporó el indicador de necesidades de transporte que representa la dependencia de los habitantes de una zona al transporte público a partir de sus características socioeconómicas, y explicado previamente.
- 3.58 Para cada una de las localidades definidas como posible zona de expansión se definieron varios corredores representativos, los cuáles se analizaron en los escenarios de oferta de transporte público definidos para el desarrollo del proyecto. El análisis de corredores se hizo con el objetivo de identificar posibles cuencas de transporte que pueden ser la mejor opción para atender pasajeros en un proyecto tipo metro, y poder obtener información detallada y robusta sobre los beneficios de transporte de las zonas de expansión a evaluar con base en un modelo de transporte.

Tabla 3.5: Propuesta de corredores representativos por posible Zona de Expansión de la PLMB – T1

Engativá	Suba	Usaquén
<ul style="list-style-type: none"> • Av. Calle 63 desde Av. Caracas hasta límite del distrito • Av. Calle 80 desde Av. Caracas hasta la Av. ALO (Con Troncal Calle 80) • Av. Calle 80 desde Av. Caracas hasta la Av. ALO (Sin Troncal Calle 80) 	<ul style="list-style-type: none"> • Av. Calle 80 desde Heroes hasta Portal 80 y Av. ALO desde Portal 80 hasta límite del distrito • Av. Calle 80 desde Heroes hasta Av. Ciudad de Cali y Av. Ciudad de Cali desde Calle 80 hasta límite del distrito • Av. Calle 80 - Av. Boyacá - Av. El Rincón - Av. El Tabor hasta el límite del distrito 	<ul style="list-style-type: none"> • Autopista Norte desde Calle 72 hasta Calle 170 (Con Troncal Autonorte) • Autopista Norte desde Calle 72 hasta Calle 170 (Sin Troncal Autonorte) • Av. Carrera 9 desde Heroes hasta Calle 170

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Figura 3.22: Propuesta de corredores por posible Zona de Expansión de la PLMB – T1



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

3.59 Estos corredores no son los corredores definitivos que pasan a la Fase 2 del estudio, sino una representación preliminar y esquemática de las vías analizadas como posibles accesos a las localidades identificadas. A continuación, se relaciona la propuesta de corredores por localidad:

3.60 A continuación, se presenta la definición de cada uno de los indicadores para cada criterio del componente de beneficios sociales.

Mejoras de transporte

3.61 Se refiere al potencial que tendrá el nuevo sistema de transporte para atraer y movilizar pasajeros, la incidencia que tendrá en la disminución de los tiempos de desplazamiento en los diferentes modos de transporte y al aumento de la cobertura del sistema de transporte público de la ciudad.

- Pasajeros transportados en metro en la hora de máxima demanda

3.62 Potencial del nuevo sistema de transporte para atraer y movilizar pasajeros. Corresponde al total de pasajeros transportados en la hora de máxima demanda.

Tabla 3.6: Indicador pasajeros transportados en metro

Ítem	Descripción
Objetivo	Medir la demanda capturada por el corredor de metro propuesto para la zona incluida en la evaluación.
VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS)	Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado.
Metodología de cálculo	Se calculan los pasajeros transportados en la HPAM por el sistema metro $Pasajeros_{alternativa} - Pasajeros_{base}$
Naturaleza	Cuantitativo
Unidad de medición	Pasajeros/HPAM
Visualización	Gráficos de barras que representen la cantidad estimada.
Nivel	Ciudad
Calificación	El corredor de zona con mayor cantidad de pasajeros obtiene mayor puntaje.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- Ahorro en tiempo de viaje

3.63 Incidencia del proyecto en la disminución de los tiempos de desplazamiento de los viajeros en los diferentes modos de transporte.

Tabla 3.7: Indicador ahorros en tiempo de viaje de la ciudad

Ítem	Descripción
Objetivo	Cuantificar el tiempo de viaje en transporte público total ahorrado por la ciudad-región.

Ítem	Descripción
VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS)	Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado.
Metodología de cálculo	Se calculan los ahorros en tiempo de viaje en transporte público de toda la ciudad-región $minutos\ totales_{base} - minutos\ totales_{alternativa}$
Naturaleza	Cuantitativo
Unidad de medición	Minutos en la/HPAM
Visualización	Gráficos de barras que representen el ahorro en tiempo estimado.
Nivel	Ciudad-Región
Calificación	El corredor de zona con mayor ahorro de tiempo obtiene mayor puntaje.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- Conectividad ofertada por la red de metro

3.64 Pares origen - destino que son atendidos directamente por el nuevo proyecto. Es una medida de cobertura del nuevo sistema.

Tabla 3.8: Indicador conectividad ofertada por la red de metro

Ítem	Descripción
Objetivo	Medir el potencial de la alternativa de conectar pares origen-destino directamente.
VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS)	Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado.
Metodología de cálculo	Se cuentan los pares que son atendidos directamente por la red Metro, sin hacer transbordo con otros modos y se comparan con el total de pares posibles de la matriz (1,301,881) $\% \text{ Pares atendidos directamente por metro del total}_{alternativa} - \% \text{ Pares atendidos directamente por metro del total}_{base}$
Naturaleza	Cuantitativo
Unidad de medición	% de pares OD atendidos
Visualización	Gráficos de barras que representen la cantidad estimada.
Nivel	Ciudad
Calificación	La alternativa con mayor porcentaje de pares atendidos obtiene mayor puntaje.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- Índice de necesidades de transporte

3.65 Este indicador mide la dependencia al transporte público de un sector específico en función de las características socioeconómicas y necesidades de los habitantes de la zona.

Tabla 3.9: Indicador índice de necesidades de transporte

Ítem	Descripción
Objetivo	Medir la dependencia de una zona de la ciudad al transporte público a partir de variables denominadas “desventajas de transporte”.
VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS)	Población mayor a 16 años sin acceso a vehículo particular, población mayor a 60 años, población con limitaciones físicas o psicológicas, población buscando trabajo, población menos a 5 años, población estudiantil, población de estrato 2 o menos y población analfabeta
Naturaleza	Cuantitativo
Metodología de cálculo	<p>Los valores de población para cada variable se obtienen para cada UPZ de la ciudad de Bogotá, con base en la información de la Encuesta Multipropósito del DANE (2017). Posteriormente se calcula el ITN como la suma ponderada de los factores de desventaja, y como resultado las zonas con altas necesidades de transporte tendrán un valor más alto del índice.</p> $ITN_j = \sum_{i=1}^n TI_{ij}W_i$ <p>En esta ecuación el ITN_j es el índice de necesidades de transporte de la UPZ j, TI_{ij} es el valor normalizado para la variable i de la UPZ j y W_i es el peso de la variable i. Para tener un indicador que sea comparable, debe normalizarse para que sea un valor entre 0 y 1 con la siguiente fórmula:</p> $TI_{ij} = \frac{I_{ij} - I_i^{min}}{I_i^{max} - I_i^{min}}$ <p>En esta ecuación, I_{ij} es el valor de cada variable i para cada UPZ j, I_i^{min} y I_i^{max} corresponden al mínimo y máximo valor de la variable para todas las UPZ de la ciudad. Posteriormente, se hace un análisis que agrega las UPZ según cada localidad a la que corresponde.</p>
Unidad de medición	Población por Localidad (número de personas)
Visualización	Mapa de densidad de población con desventajas en transporte
Nivel	Localidad
Calificación	La zona con mayor índice de necesidades de transporte tiene mayor calificación.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Intermodalidad

- 3.67 Se refiere a la integración del proyecto con la red de transporte público de mayor capacidad de la ciudad (Metro, Regiotram y TransMilenio), además, mide el descongestionamiento de la red de transporte público de la ciudad con la implementación del metro.
- Intermodalidad en el servicio de transporte masivo
- 3.68 Corresponde al número de usuarios que utilizan en su viaje el metro en combinación con Regiotram y TransMilenio.

Tabla 3.10: Indicador Intermodalidad en el servicio de transporte masivo

Ítem	Descripción
Objetivo	Medir la relación del sistema metro con los otros sistemas de transporte masivo de la ciudad-región (TransMilenio y Regiotram).
VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS)	Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado.
Metodología de cálculo	Se suman los transbordos de Metro a TransMilenio, TransMilenio a Metro, Metro a Regiotram y Regiotram a Metro $Transbordos_{alternativa} - Transbordos_{base}$
Naturaleza	Cuantitativo
Unidad de medición	Transbordos/HPAM
Visualización	Gráficos de barras que representen la cantidad estimada.
Nivel	Ciudad-región
Calificación	El corredor de zona con mayor cantidad de transbordos obtiene mayor puntaje.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- Descongestionamiento de la red de transporte masivo

3.69 Mide el nivel de saturación de la red de transporte público de la ciudad, con la implementación del proyecto.

Tabla 3.11: Indicador descongestionamiento de la red de transporte masivo

Ítem	Descripción
Objetivo	Medir cómo la alternativa evaluada ayuda a descongestionar el sistema de transporte masivo y mejorar la calidad del servicio.
VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS)	Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado.
Metodología de cálculo	Se estima la relación volumen capacidad para cada uno de los arcos que conforman la red de transporte masivo y se cuentan los km-sentido que tengan una relación mayor a 0.8, que son considerados km saturados. $km\ saturados_{base} - km\ saturados_{zona}$
Naturaleza	Cuantitativo
Unidad de medición	Km extra no saturados
Visualización	Gráficos de barras que representen la cantidad estimada.
Nivel	Ciudad
Calificación	El corredor de zona con cantidad de km extra no saturados obtiene mayor puntaje.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Etapa 3 – Cálculo de los pesos relativos para cada criterio e indicador

3.70 Para la evaluación de la Zona de Expansión de la PLMB-T1 se hará un análisis multidimensional con base en los indicadores propuestos y acordados con FDN y EMB, mencionados anteriormente. El

análisis multidimensional hace referencia a la valoración de variables de diferentes componentes y su ponderación para un resultado. Se denomina así debido a que el análisis no es igual al análisis multicriterio de la Fase 2 del estudio. Cada componente e indicador tendrá un peso que se aplicará sobre la valoración que se obtenga de cada indicador, permitiendo obtener un resultado ponderado para cada Zona de Expansión y hacerlas comparables para obtener una Zona de Expansión priorizada.

- 3.71 Para determinar los pesos de cada criterio e indicador, se aplicará una metodología basada en preferencias declaradas definida por el Equipo Consultor con base en literatura y experiencias previas, explicada en el capítulo de contexto y definiciones clave.
- 3.72 Es importante señalar que esta metodología fue aplicada para el desarrollo de la selección de la Zona de Expansión (Actividad 1 del Entregable 1 del Anexo 6 de los TCC) y la identificación de alternativas funcionales, de trazado y tipología (Actividad 2 del Entregable 1 del Anexo 6 de los TCC).
- 3.73 La implementación de la metodología para la definición de los pesos relativos de los criterios de evaluación y los indicadores se llevó a cabo mediante un ejercicio de consulta del equipo de expertos del Equipo Consultor a través de encuestas individuales, las cuales fueron hechas para determinar la importancia de los criterios e indicadores.
- 3.74 El cuestionario realizado se dividió en dos partes: ejercicio de priorización de criterios y ejercicio de priorización de indicadores. Antes de los ejercicios se presentó una descripción de cada criterio e indicador para que la persona tuviera en cuenta todo el contexto que implicaba, como se ilustra en el ejemplo de la siguiente figura.

Figura 3.23: Ejemplo descripción de criterios en el cuestionario realizado

Mejoras en transporte

Se refiere al potencial que tendrá el nuevo sistema de transporte para atraer y movilizar pasajeros, la incidencia que tendrá en la disminución de los tiempos de desplazamiento en los diferentes modos de transporte y al aumento de la cobertura del sistema de transporte público de la ciudad.

Integración modal

Se refiere a la integración del proyecto con la red de transporte público de mayor capacidad de la ciudad (Metro, Regiotram y TransMilenio), además, del impacto que tendrá en el descongestionamiento de la red de transporte público de la ciudad.

Atrás

Siguiente

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 3.75 Para la priorización de criterios se realizó una encuesta PD tipo Best – Worst. En esta se le presentaron a cada encuestado 22 tarjetas con un subconjunto de alternativas (criterios) en donde debía escoger la que considera la mejor y la peor opción en el impacto de un proyecto de

transporte para la comunidad y el territorio (Hensher, Rose, & Greene, 2015) (Auger, Devinney, & Louviere, 2007).

3.76 La metodología de preferencias declaradas tipo Best-Worst está basada en que las personas pueden escoger con facilidad la mejor y peor opción dentro de un grupo de alternativas, pero presentan problemas y la decisión se vuelve más difícil cuando tienen que realizar un ranking para las alternativas intermedias. Teniendo en cuenta lo anterior se estima un modelo con las elecciones de las personas en todas las tarjetas que se les presentaron de tal manera que represente y tenga en cuenta las observaciones de todos los encuestados.

Figura 3.24: Ejemplo de tarjeta PD para la priorización de criterios.

Teniendo en cuenta los siguientes criterios, ¿cuál considera usted es el **más importante** y **menos importante** en el impacto de un proyecto de transporte para la comunidad y el territorio?

Menos importante	Criterio	Más importante
<input type="radio"/>	Vulnerabilidad a fenómenos naturales	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	Impacto urbano	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	Impacto en las fuentes hídricas	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	Impacto en la estructura ecológica	<input type="radio"/>

Click en el botón 'Siguiente' para continuar.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

3.77 A partir de los datos recolectados en las encuestas PD se estimaron modelos de elección discreta. Este tipo de modelos predicen la probabilidad de que un individuo elija una alternativa en función de sus características propias y las de todas las alternativas disponibles de tal manera que se maximice su beneficio o satisfacción personal. Para esto es necesario construir una función de utilidad que se compone de dos elementos:

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

3.78 La siguiente ecuación, presenta la estructura de la función de utilidad:

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{in}$$

3.79 Donde,

V_{ni} es la utilidad determinística, observable o medible asociada al modo i e individuo n

ε_{in} Corresponde al error aleatorio asociado al modo i e individuo n ; es decir, todo aquello que el modelador no conoce.

3.80 Los modelos logit multinomial se utilizan para modelar estructuras donde todos los errores ε_{in} provienen de funciones Gumbel idénticamente distribuidas. La forma general de estos modelos es la que se indica en la ecuación

$$P_{ni} = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_{A_j \in A(n)} e^{V_{nj}}}$$

Donde:

P_{ni} : Probabilidad de que el individuo "n" escoja la alternativa "i"

$A(n)$: Alternativas

3.81 Para el caso específico de este modelo la función tiene la siguiente forma

$$P_{nt} = \frac{e^{V_{b_{n,t}}}}{\sum_{j=1} e^{V_{j_{n,t}}}} * \frac{e^{-\mu V_{w_{n,t}}}}{\sum_{j \neq b_{n,t}} e^{-\mu V_{j_{n,t}}}}$$

3.82 Donde:

$b_{n,t}$ es la alternativa más preferida para el respondiente n en la situación de elección t.

$w_{n,t}$ es la alternativa menos preferida para el respondiente n en la situación de elección t.

μ es el factor de escala para las elecciones de worst.

3.83 Para la priorización de indicadores, se implementó la metodología del proceso analítico jerárquico, que consiste en una comparación por pares de indicadores, donde el encuestado indica la relación de importancia que considera que la describe mejor, por ejemplo, el indicador A es más importante que el indicador B.

Figura 3.25: Ejemplo de comparación por pares para la definición de pesos para los indicadores

En cada caso, selecciona la clasificación que mejor describe la relación entre cada par de indicadores con el fin de evaluar el criterio de **Mejoras en transporte** en un nuevo proyecto de transporte.

	Extremadamente más importante 4	3	Más importante 2	1	Igual de importante 0	1	Más importante 2	3	Extremadamente más importante 4	
Pasajeros transportados en metro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ahorro en tiempo de viaje
Pasajeros transportados en metro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Conectividad ofertada por la red de metro
Pasajeros transportados en metro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Índice de necesidades de transporte
Pasajeros transportados en metro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Balance de pasajeros por sentido
Ahorro en tiempo de viaje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Conectividad ofertada por la red de metro
Ahorro en tiempo de viaje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Índice de necesidades de transporte
Ahorro en tiempo de viaje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Balance de pasajeros por sentido
Conectividad ofertada por la red de metro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Índice de necesidades de transporte
Conectividad ofertada por la red de metro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Balance de pasajeros por sentido
Índice de necesidades de transporte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Balance de pasajeros por sentido

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 3.84 El proceso analítico jerárquico (Saaty, 1980) es un método de comparación por pares que vincula el juicio de expertos, se utiliza para la toma de decisiones y es uno de los más probados en múltiples contextos.
- 3.85 A partir de la información diligenciada en el formato ilustrado en el ejemplo anterior, se conforma una matriz de valoración de los elementos a priorizar en la que el número de filas es igual al número de columnas. Para establecer la jerarquía de los criterios en esta matriz, se les da valor numérico a las relaciones indicadas por los participantes, el cual es asignado a partir de la siguiente escala, denominada escala de valoración de Saaty.

Tabla 3.12: Escala de valoración de Saaty

Escala numérica	Escala verbal
1	Igual importancia
3	Ligeramente más importante
5	Mucho más importante
7	Fuertemente más importante
9	Extremadamente más importante

Fuente: Saaty, 1997

3.86 Considerando que la valoración que hace cada individuo tiene un componente de subjetividad, es necesario hacer una evaluación de consistencia, por medio de la validación de la existencia de transitividad entre las comparaciones. Esto quiere decir, por ejemplo: si una persona define unas relaciones tales que A es “mucho más importante que” B, y a su vez, C es “ligeramente más importante que” A, entonces le corresponde afirmar, por transitividad, que C es “extremadamente más importante” que B.

3.87 Es posible cuantificar la consistencia de una matriz de comparación mediante el cálculo del coeficiente que se expone a continuación (Saaty T. L., 1990):

$$C.C. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \cdot IA$$

3.88 Donde:

C. C. es el cociente de consistencia

λ_{max} es el máximo valor propio de la matriz de comparación

n es el número de elementos a comparar (o criterios)

IA es el índice aleatorio, el cual tiene un valor asociado dependiendo del número de elementos a evaluar

3.89 La consistencia tiene relación con el grado de dispersión de los juicios del actor que realiza la evaluación, dada la ausencia de valores exactos para la escala de la mente humana y que en la práctica no se pueden emitir juicios 100% consistentes, por lo que en estos ejercicios se admite algún nivel de inconsistencia.

3.90 Cuando se trata de la opinión de un grupo de expertos, quienes llenan una matriz cada uno independientemente, basados en su experticia y conocimiento del tema, todas las matrices obtenidas se convierten en una única matriz en la que cada elemento que la conforma corresponde a la media geométrica de las valoraciones brindadas para esa comparación específica en cada matriz independiente.

$$\text{media geométrica de } n \text{ elementos} = (a_1 \times a_2 \times \dots \times a_n)^{1/n}$$

3.91 Una vez construida la encuesta, se procedió a realizar el ejercicio con los expertos para establecer sus preferencias con respecto al objetivo central planteado. Se realizó una reunión con los actores en donde se les explicó el ejercicio a realizar, al finalizar la explicación se les proporcionó un

enlace para que pudieran diligenciar la encuesta. En la siguiente tabla se presenta el listado de las personas que participaron en el ejercicio de definición de pesos.

Tabla 3.13: Actores participantes en el ejercicio de definición de pesos

Nombre	Apellido	Especialidad
Germán Camilo	Lleras Echeverri	Especialista en Planificación Urbana
Álvaro Enrique	Hernández Sánchez	Especialista en Planificación de Transporte
Juan Pablo	Escobar	Coordinador Local
Ligia Alexandra	Rincón	Coordinadora de estudios de ingeniería
Yuri	Arias	Especialista ambiental y social
Maria	Bula	Arquitecta – Especialista en Urbanismo
Carmen Yanneth	Rosales	Coordinadora de Planificación
Alexandre	Acevedo	Coordinador Internacional
Luis	Cunha	Especialista en operación ferroviaria
Eric	Huot	Experto ferroviario
Jean Charles	FRENNEAUX	Especialista en infraestructura ferroviaria

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Pesos criterios

- 3.92 Para la determinación del peso de cada criterio se estimó un modelo de logit multinomial (MNL) con los datos recolectados en las encuestas PD (Best-Worst). En este tipo de ejercicio cada variable se trata como dummy, es decir, tomaban el valor de uno si el criterio se mostraba en la tarjeta y cero si no se mostraba. Por ser la estimación del logit basado en diferencias, era necesario fijar una de las variables en cero y estimar el resto de las variables con base en esta (Ortúzar & Willumsen, 2011).
- 3.93 Por lo tanto, un valor positivo en el valor del criterio significa que es más importante que el criterio fijado (Mejora de transporte). En cambio, el valor negativo, como es el caso del criterio "Vulnerabilidad a inundaciones", significa que el criterio "Impacto en la estructura ecológica" es menos importante que el criterio de "Mejoras de Transporte".
- 3.94 A continuación, se muestran los resultados obtenidos del modelo MNL estimado.

Tabla 3.14: Resultado del modelo logit estimado para el ejercicio BW

Criterio	Valor del parámetro	Error estándar	T estadístico
Mejoras en transporte	4.14	0.391	10.59
Integración modal	2.60	0.381	6.84
Impacto ambiental	2.23	0.357	6.24
Impacto urbano	2.20	0.380	5.80
Revitalización urbana	1.97	0.362	5.435
Impacto en fuentes hídricas	1.49	0.312	4.78
Costos de inversión	0.93	0.285	3.263

Criterio	Valor del parámetro	Error estándar	T estadístico
Vulnerabilidad a fenómenos	0.85	0.261	3.272
Riesgos arqueológicos	0	NA	NA

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

3.95 De los resultados obtenidos se puede decir que todos los parámetros estimados poseen un nivel de confianza mayor al 95%. Un T estadístico mayor a 1.96 en valor absoluto indica un nivel de confianza mayor al 95%. Se puede observar que el criterio más importante para los evaluadores es el referido a “Mejoras en transporte”.

3.96 Para observar los pesos que se utilizaron en esta metodología es necesario hacer una transformación en valores positivos en una escala de proporción, donde la suma de puntuaciones es igual a 100. Al utilizar una escala de proporción, una puntuación de 4 es el doble de importante que una puntuación de 2. Basado en una formulación logit se calcularon los pesos de cada criterio:

$$Peso\ criterio_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_1^n e^{U_n}} \quad (1)$$

3.97 Donde:

- i es el criterio del cual se quiere obtener el peso reescalado.
- U_i es el valor del criterio i obtenido en la estimación del logit (tabla 3.2)
- n es el número de criterios considerados para la evaluación.

3.98 Dado que la variable de priorización corresponde a los criterios, se procedió a transformar los pesos porcentuales en puntos cuya sumatoria es de 100, y a partir de los cuales se hará la evaluación, siendo la línea o tramo (en caso de que aplique) prioritaria la que mayor puntaje obtenga.

3.99 En la siguiente tabla se presenta el orden de importancia y el peso de cada criterio considerados en la presente metodología.

Tabla 3.15: Orden de las preferencias y puntuaciones para los criterios evaluados.

Criterio	Orden de preferencia	Peso del criterio
Mejoras en transporte	1	56.1
Integración modal	2	12.1
Impacto ambiental	3	8.3
Impacto urbano	4	8.1
Revitalización urbana	5	6.4
Impacto en fuentes hídricas	6	3.9
Costos de inversión	7	2.3
Vulnerabilidad a fenómenos	8	2.1

Criterio	Orden de preferencia	Peso del criterio
Riesgos arqueológicos	9	0.9

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Tabla 3.16: Orden de las preferencias y puntuaciones para los criterios evaluados en la priorización de zona

Criterio	Orden de preferencia	Peso del criterio
Mejoras en transporte	1	73.4
Integración modal	2	15.8
Impacto ambiental	3	10.8

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Pesos indicadores

- 3.100 Para el caso de los indicadores, al tratarse de un ejercicio de preferencias cualitativas, se evaluó la consistencia de las respuestas brindadas por cada participante involucrado en el ejercicio a través del coeficiente de consistencia (Saaty, 1987), así como los pesos asignados a cada indicador de acuerdo con las evaluaciones realizadas. Por lo tanto, se aceptó un coeficiente de consistencia (CC) por actor menor al 20%. Los resultados que no cumplieron lo anterior fueron retirados del análisis final.
- 3.101 A continuación, se muestra el número de actores tenidos en cuenta en el cálculo de pesos de los indicadores para cada criterio.

Tabla 3.17: Número de personas tenidas en cuenta para el cálculo de pesos de los indicadores para cada criterio

Criterio	Número de personas
Mejoras en transporte	11
Integración modal	11

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 3.102 Tal como sugiere la metodología cuando varios actores participan del ejercicio de priorización, se calcula la media geométrica de los pesos asignados para cada indicador por los diferentes actores, con el fin de obtener una única calificación y de esta manera cuantificar su relevancia para la realización del ejercicio final de priorización de tramo.
- 3.103 Se debe tener en cuenta que solo se realizó este procedimiento para los criterios que tenían más de un indicador y que la suma de los pesos de los indicadores de un mismo criterio debe ser 100%.

Tabla 3.18: Pesos asignados a los indicadores de cada criterio

Criterios	Indicador	Peso del indicador selección de Zona de Expansión	Peso del indicador selección de alternativas
Mejoras en transporte	Pasajeros transportados en Metro (Hora de máxima demanda)	19.4 %	20.9 %
	Ahorro en tiempo de viaje	44.0 %	48.5 %
	Conectividad ofertada por la red de metro	25.3 %	22.9 %
	Índice de necesidades de transporte	11.3 %	NA
	Balance de línea por sentido	NA	7.8 %
Integración modal	Intermodalidad en el servicio de transporte público	31.12 %	31.12 %
	Descongestionamiento de la red de transporte público	68.88 %	68.88 %

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 3.104 Se resalta que para la evaluación de determinación de la Zona de Expansión se tuvo en cuenta el criterio de “Índice de necesidades de transporte”, en cambio para la selección de las alternativas se utilizó el indicador de “Balance de línea por sentido”.

Etapa 4- Evaluación y selección de Zona de Expansión priorizada

- 3.105 Según la batería de indicadores de evaluación definidos y con sus pesos relativos a aplicar, se determina la valoración de cada indicador con base en las unidades y métodos de medición explicados anteriormente. A la valoración de cada indicador se aplica el peso relativo, y se obtiene una puntuación para cada Zona de Expansión analizada.
- 3.106 El concepto del cálculo de la evaluación a través de la batería de indicadores se muestra a continuación:

Figura 3.26: Concepto del ejercicio de evaluación de zona

		Peso %	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Componente	Criterio 1	%	XX	XX	XX
		%	XX	XX	XX
		%	XX	XX	XX
	Criterio 2	%	XX	XX	XX
		%	XX	XX	XX
	Criterio 3	%	XX	XX	XX
		%	XX	XX	XX
	Total	100%			
	Mejor desempeño (maximización)				

Puntaje o valoración de cada criterio para cada zona.

Zona con mejor calificación de acuerdo a los pesos definidos.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Componente de impacto ambiental

3.107 A continuación, se presentan los resultados obtenidos para los indicadores del Componente de Impacto Ambiental, previamente descritos.

Impacto con los elementos de la Estructura Ecológica Principal -EEP

3.108 Se presentará un mapa donde se visualizará cada uno de los elementos de la estructura ecológica principal interceptados por los corredores seleccionados y se cuantificará el área de afectación en cada una de las alternativas. A continuación, se presenta un cuadro con las áreas de afectación de los siete (7) corredores de análisis que incorporan las 18 alternativas incluidas en esta etapa.

Tabla 3.19: Afectación de los corredores incluidos en el análisis

Corredor	Traslape con elementos de la EEP	Área de Afectación (Ha)
Calle 80 - ALO	Canal Rio Nuevo	66.33
	Canal Cafam	
	San Andres	
	Canal Del Rio Negro	
	Bonanza	
	Rio Salitre	
	Humedal De Juan Amarillo o Tibabuyes	
	Humedal De La Conejera	
	Humedal Juan Amarillo	
	Humedal Santa Maria del Lago	

Corredor	Traslape con elementos de la EEP	Área de Afectación (Ha)
	Humedal De Santa Maria del Lago	
Calle 80 - Av. Cali	Canal Avenida Transversal de Suba	22.05
	Niza XII	
	Canal del Rio Negro	
	Canal Rio Negro	
	Humedal Córdoba	
	Humedal de Córdoba Y Niza	
Autonorte	Canal La Castellana	7.89
	Canal Callejas Sector 1	
	Canal del Rio Negro	
	Nueva Autopista	
	Canal El Virrey	
	Canal Molinos	
	Canal El Virrey - El Chico	
Carrera 9	Canal Serrezuela	8.84
	Canal San Cristóbal	
	Canal Callejas Sector 2	
	La Vida	
	Canal El Virrey- El Chico	
	Canal Molinos	
	Canal El Cedro	
	Canal San Cristóbal	
	Canal El Virrey	
	Canal del Rio Negro	
	Calle 63	
Canal Boyacá		
Simón Bolívar (Sector Jardín Botánico)		
Simón Bolívar (Sector Virgilio Barco)		
Simón Bolívar (Sector Central)		
Simón Bolívar (Sector Centro de Alto Rendimiento)		
Simón Bolívar (Sector Salitre Mágico)		
Simón Bolívar (Sector Museo de los Niños)		
Simón Bolívar (Sector I.D.R.D.)		
Simón Bolívar (Sector Parque De Los Novios)		
Villa Luz		
Simón Bolívar (Sector Parque Deportivo el Salitre)		
Calle 80		Canal Bolivia
	San Andres	
	Humedal de Santa Maria del Lago	

Corredor	Traslape con elementos de la EEP	Área de Afectación (Ha)
	Bonanza	
	Rio Salitre	
	Canal Rio Nuevo	
	Canal del Rio Negro	
Calle 80 - Av. Rincón	Canal Niza	26.65
	Canal Cafam	
	Parque del Indio o de Las Cometas	
	Rio Salitre	
	Humedal Córdoba	
	Humedal Córdoba Y Niza	
	Humedal La Conejera	
	Canal Rio Nuevo	
	Canal del Rio Negro	

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Figura 3.27: Ejemplo de afectación de los corredores incluidos para la zona de suba



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Componente Beneficios sociales

3.109 En este apartado se presentan los resultados obtenidos para los indicadores del componente de beneficios sociales, incluyen los resultados del análisis de coexistencia de los corredores evaluados con troncales del Sistema TransMilenio, inmerso en la evaluación de indicadores. Es importante aclarar que en los resultados de los indicadores se presentan los siguientes conceptos:

- Oferta Conservadora: Hace referencia a la combinación de resultados de la Oferta 1 en corte temporal 2030 y la Oferta 2 en 2050, según las condiciones mencionadas anteriormente. Es importante recordar que los resultados de cada corredor comprenden la sumatoria de los cortes temporales y ofertas para permitir una comparación visible.
- Oferta Optimista: Hace referencia a la combinación de resultados de la Oferta 2 en corte temporal 2030 y la Oferta 3 en 2050, según las condiciones mencionadas anteriormente. Es importante recordar que los resultados de cada corredor comprenden la sumatoria de los cortes temporales y ofertas para permitir una comparación visible.

Análisis de coexistencia con troncales del Sistema TransMilenio

- 3.110 Para la Fase 1 se adelantó un análisis de prospectivas donde se realizó la comparación de corredores con y sin la existencia de troncales del Sistema TransMilenio, según lo especificado en los requisitos para el análisis del Entregable 1 del Anexo 6 – especificaciones técnicas del documento TCC. Lo anterior, para identificar los impactos en la red de transporte público de la ciudad región.
- 3.111 El análisis incorporó la revisión de indicadores de tiempo, costo, abordajes y transbordos, para el trazado de Calle 80 para servir Engativá, el de Calle 80-ALO para atender Suba y el de la Autonorte para servir Usaquén. En la tabla a continuación se presentan los resultados de comparación, con el objetivo de evaluar las diferencias entre la existencia o no del Sistema TransMilenio. Este análisis no involucra la inclusión de nuevos indicadores en la matriz multicriterio, pero permite dimensionar variables adicionales externas.

Tabla 3.20: Comparación de escenarios con y sin TransMilenio para el año 2030 con Oferta 1 en HPAM

Indicador	Tiempo total de viaje TP (millones de minutos)	Tiempo promedio de viaje TP (minutos)	Costo promedio de viaje TP	Abordajes a Metro	Transferencias a Metro
Base	59.41	64.63	\$ 3,117	70,203	32,423
Engativá: Calle 80 con TM	45.90	64.46	\$ 3,024	81,823	43,757
Engativá: Calle 80 sin TM	46.30	65.02	\$ 2,957	114,286	70,883
Suba: Calle 80 - ALO con TM	45.34	63.67	\$ 3,000	113,280	69,365
Suba: Calle 80 - ALO sin TM	45.65	64.11	\$ 2,932	146,551	96,798
Suba: Av. Suba con TM	45.64	64.09	\$ 2,998	96,257	64,172
Suba: Av. Suba sin TM	45.72	64.20	\$ 2,980	114,440	79,117
Usaquén: Autonorte con TM	45.92	64.49	\$ 3,028	77,854	44,025
Usaquén: Autonorte sin TM	46.12	64.76	\$ 3,020	103,182	72,497

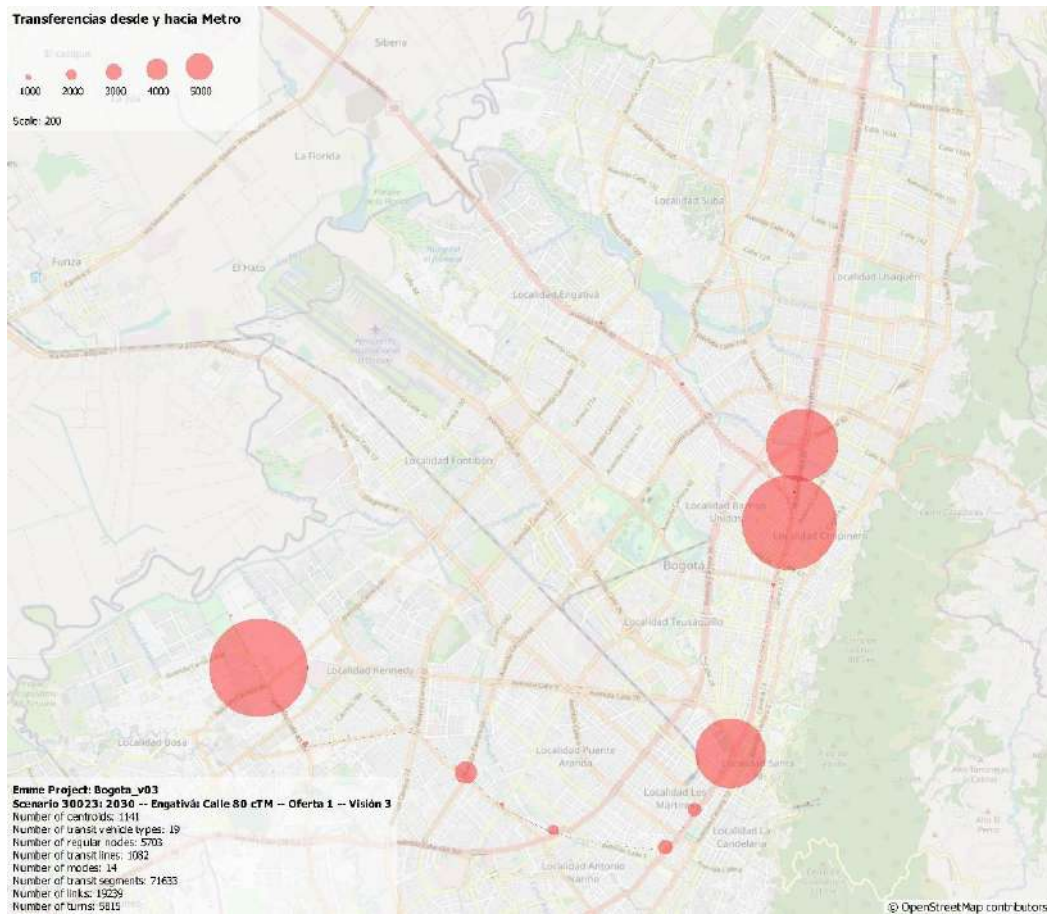
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

- 3.112 En los indicadores se evidencia el impacto negativo que tiene la eliminación de los servicios troncales, aumentando 200 y 400 mil minutos de viaje en cada una de las situaciones, principalmente enfocados en las zonas que busca servir la extensión del metro.
- 3.113 El costo promedio de viaje baja en los corredores sin Sistema TransMilenio, situación que impactaría a los usuarios del sistema de transporte público que de acuerdo con los análisis de

necesidades de transporte y los resultados encontrados en la EODH 2019, corresponde a la población más vulnerable y de ingresos más bajos en la ciudad.

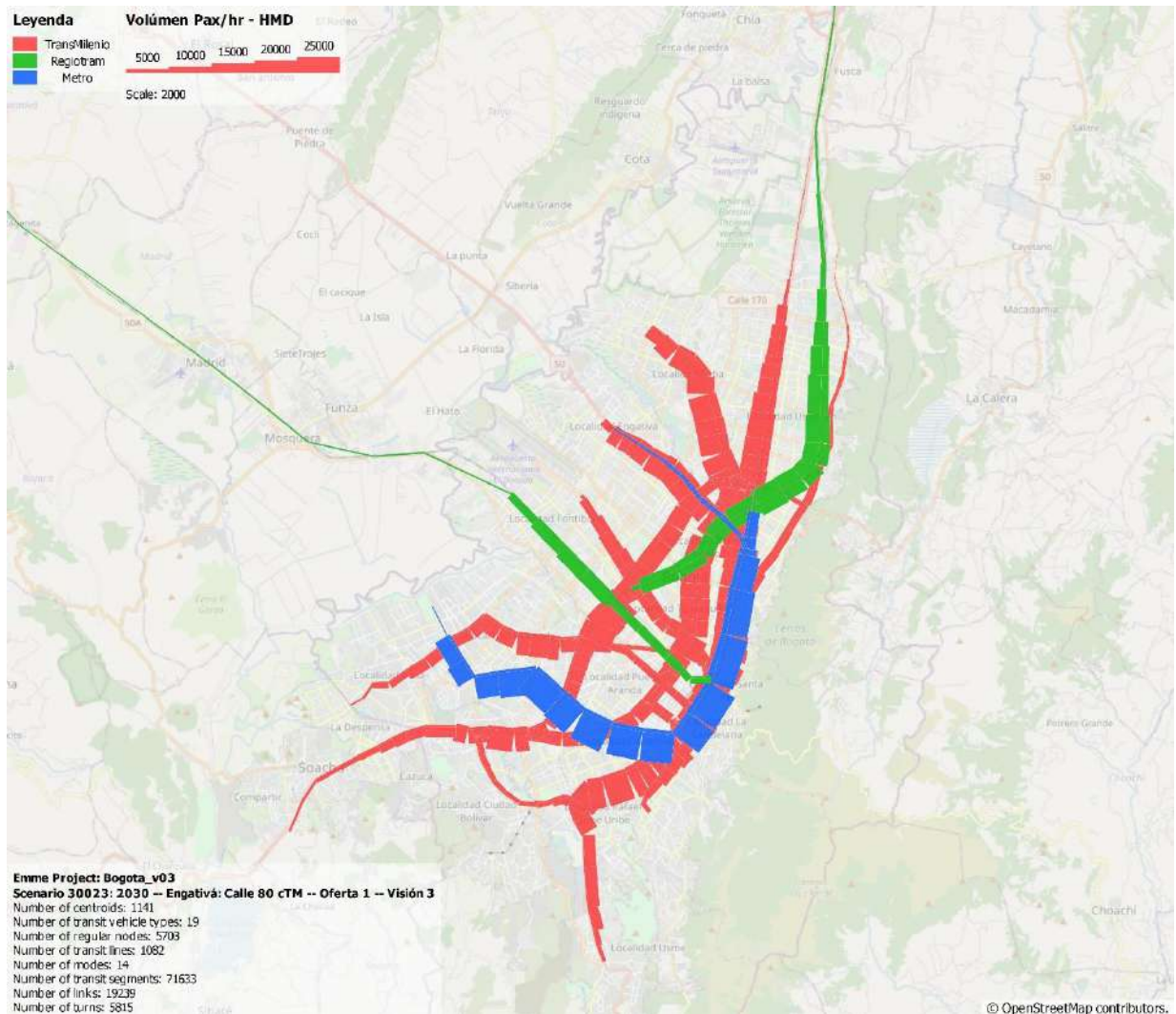
- 3.114 Los abordajes a la línea del metro aumentan lo que es un comportamiento esperado ya que la demanda que era servida por los servicios troncales ahora solo tiene como opción de transporte masivo el metro. No obstante, lo anterior, en términos de accesibilidad al transporte, los usuarios tendrían que ampliar los tiempos de caminata para poder acceder a metro, dado que la distancia entre estaciones del Metro es considerablemente mayor al compararla con las de las troncales del Sistema TransMilenio.
- 3.115 Los transbordos al metro aumentan desde un 10% en la zona de Suba hasta un 51% en el de Usaquén, lo que impacta de manera negativa el costo generalizado de los usuarios de transporte público.
 - Comparación de cargas máximas y transbordos
- 3.116 También se presenta el análisis de cargas máximas y transbordos para las zonas analizadas a partir de los corredores incorporados, donde se compara con y sin troncal del sistema de transporte masivo TransMilenio:

Figura 3.28: Trasbordos análisis de corredores zona de Engativá – Corredor Calle 80 (Con troncal)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

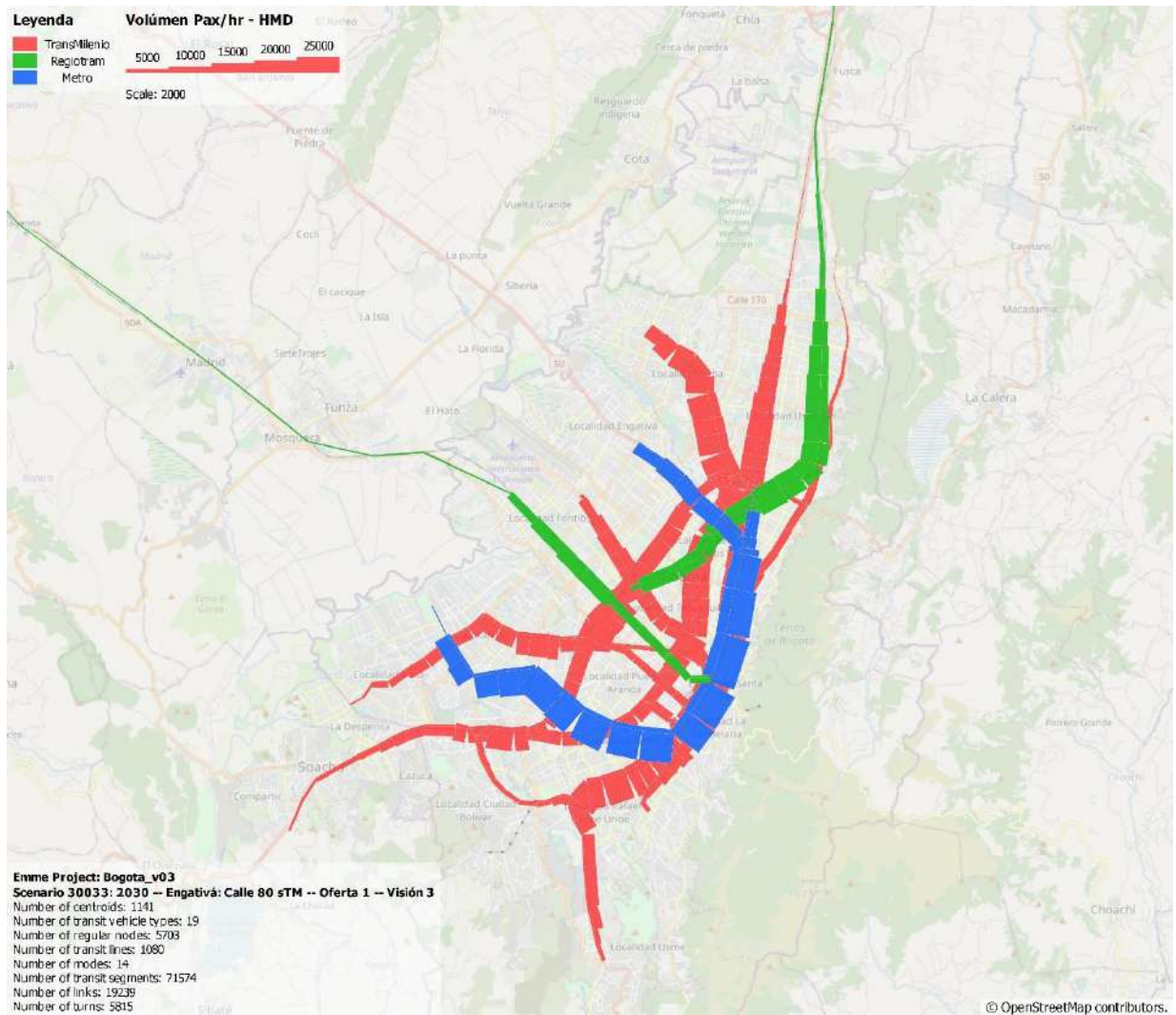
Figura 3.30: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Engativá – Corredor Calle 80 (Con troncal)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

- 3.119 Cómo se observa en la figura anterior, la carga máxima del corredor es baja (con valores cercanos a los 10 mil usuarios sentido más cargado), teniendo en cuenta la conectividad ofertada a los usuarios con el sistema TransMilenio.
- 3.120 Desde el punto de vista de carga del corredor, para el caso de los análisis sin troncal, la extensión a Engativá por la Calle 80 se muestra un corredor con una carga máxima cercana a los 25.000 pasajeros. El corredor troncal NQS aumenta su carga máxima, debido a que los usuarios de la Calle 80 ya no tendrían conexión con dicha troncal.

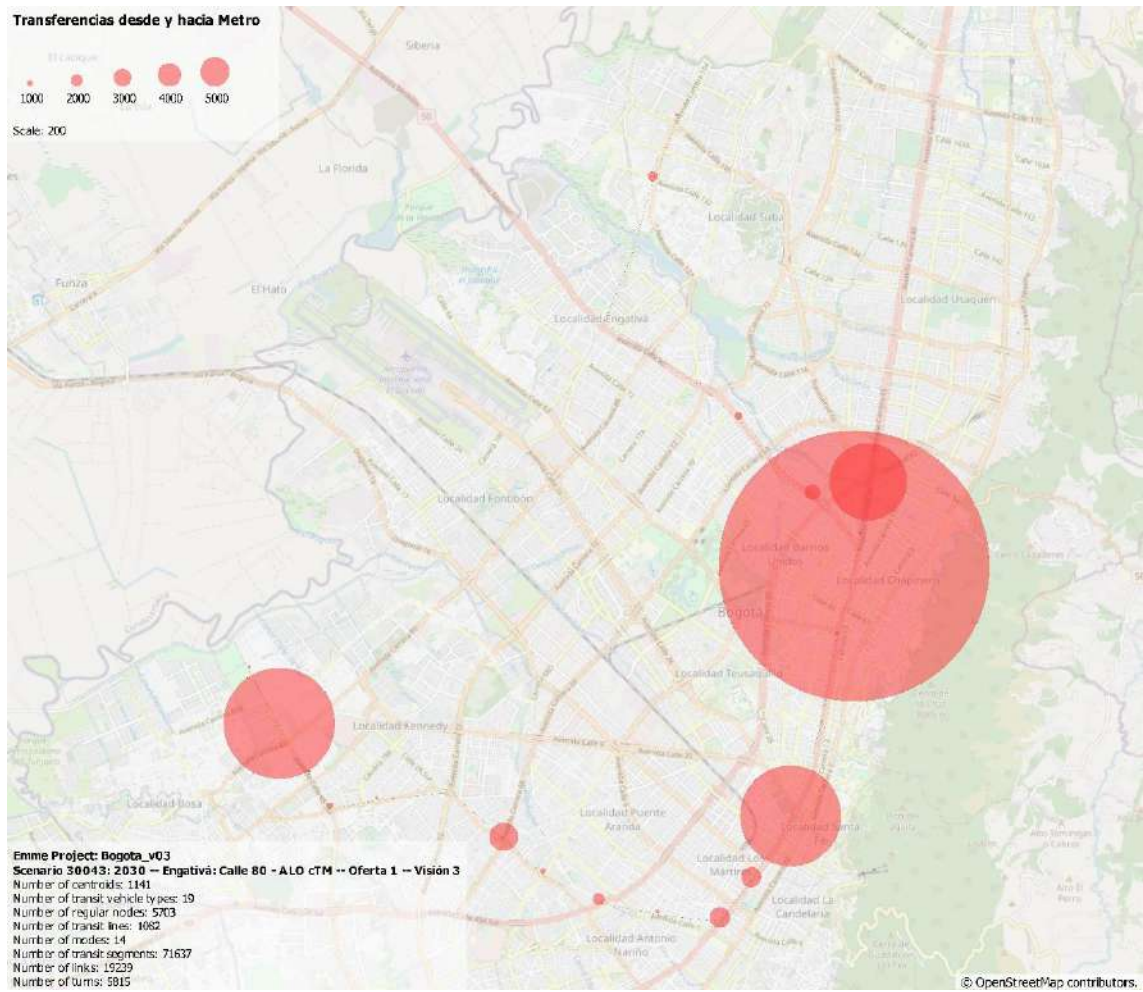
Figura 3.31: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Engativá – Corredor Calle 80 (Sin troncal)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

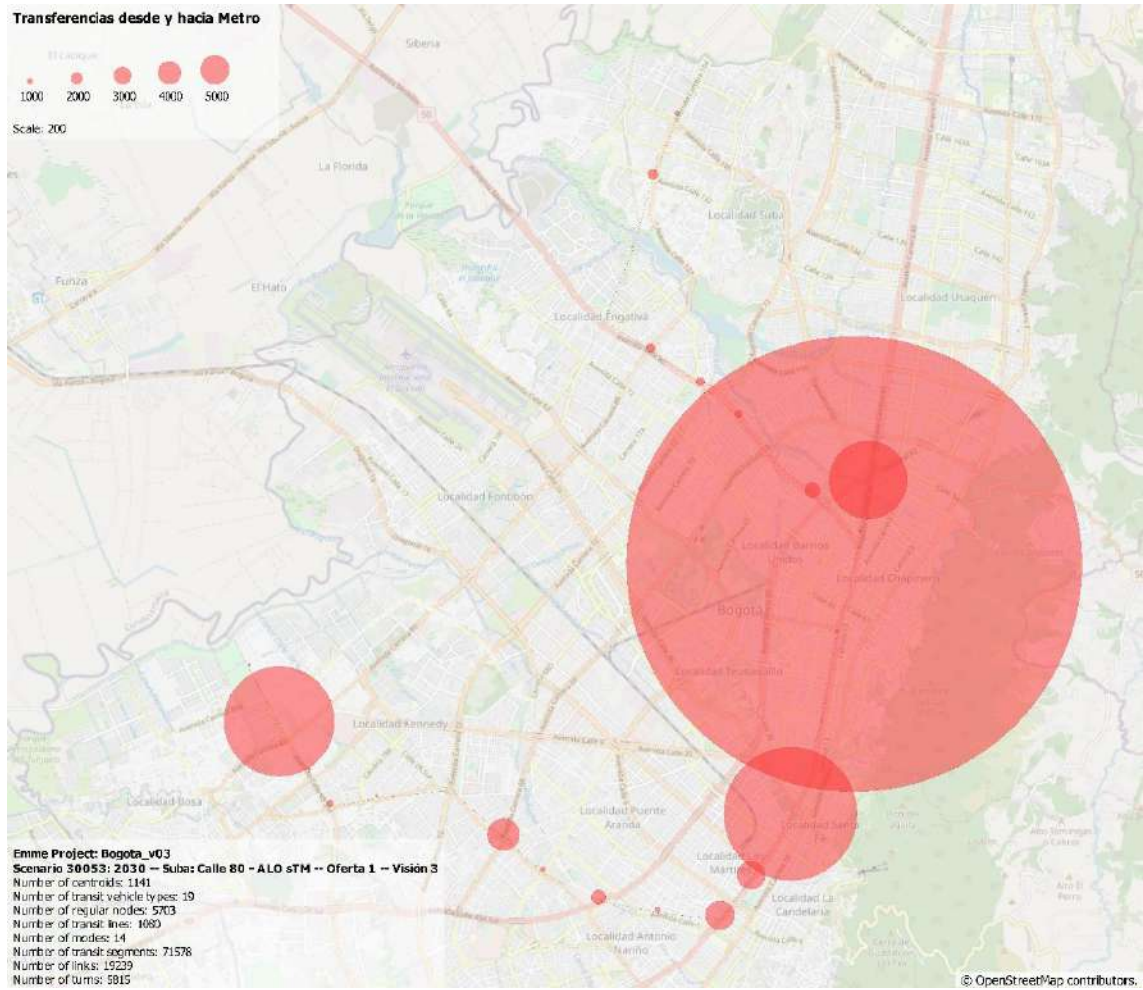
3.121 En las figuras se ven que las cargas del trazado de la línea 2 aumenta, al igual que la línea 1 en el sentido norte-sur.

Figura 3.32. Traspuestos análisis de corredores zona de Suba – Corredor Calle 80 (Con TM)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

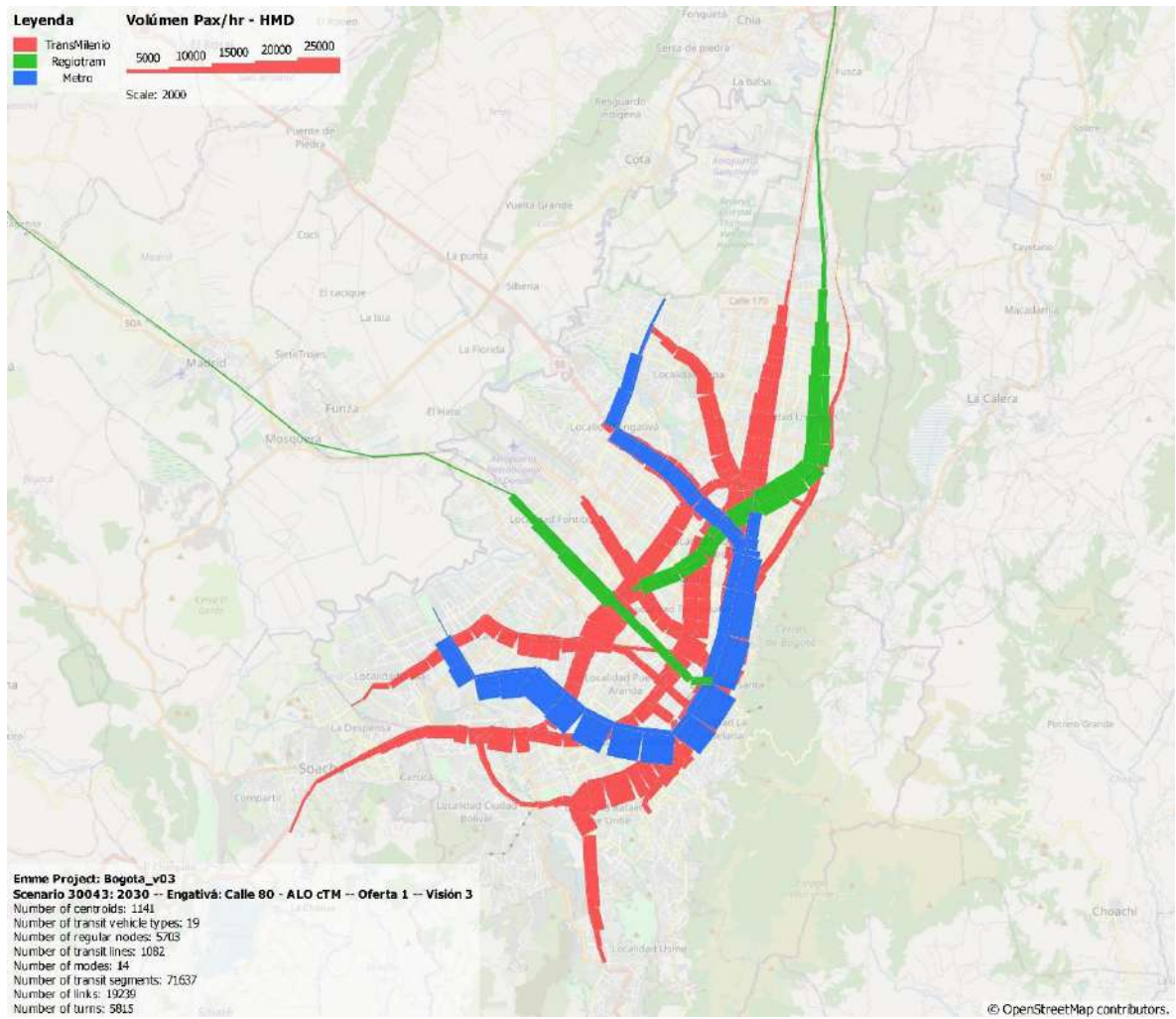
Figura 3.33. Traspaldos análisis de corredores zona de Suba – Corredor Calle 80 (Sin TM)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

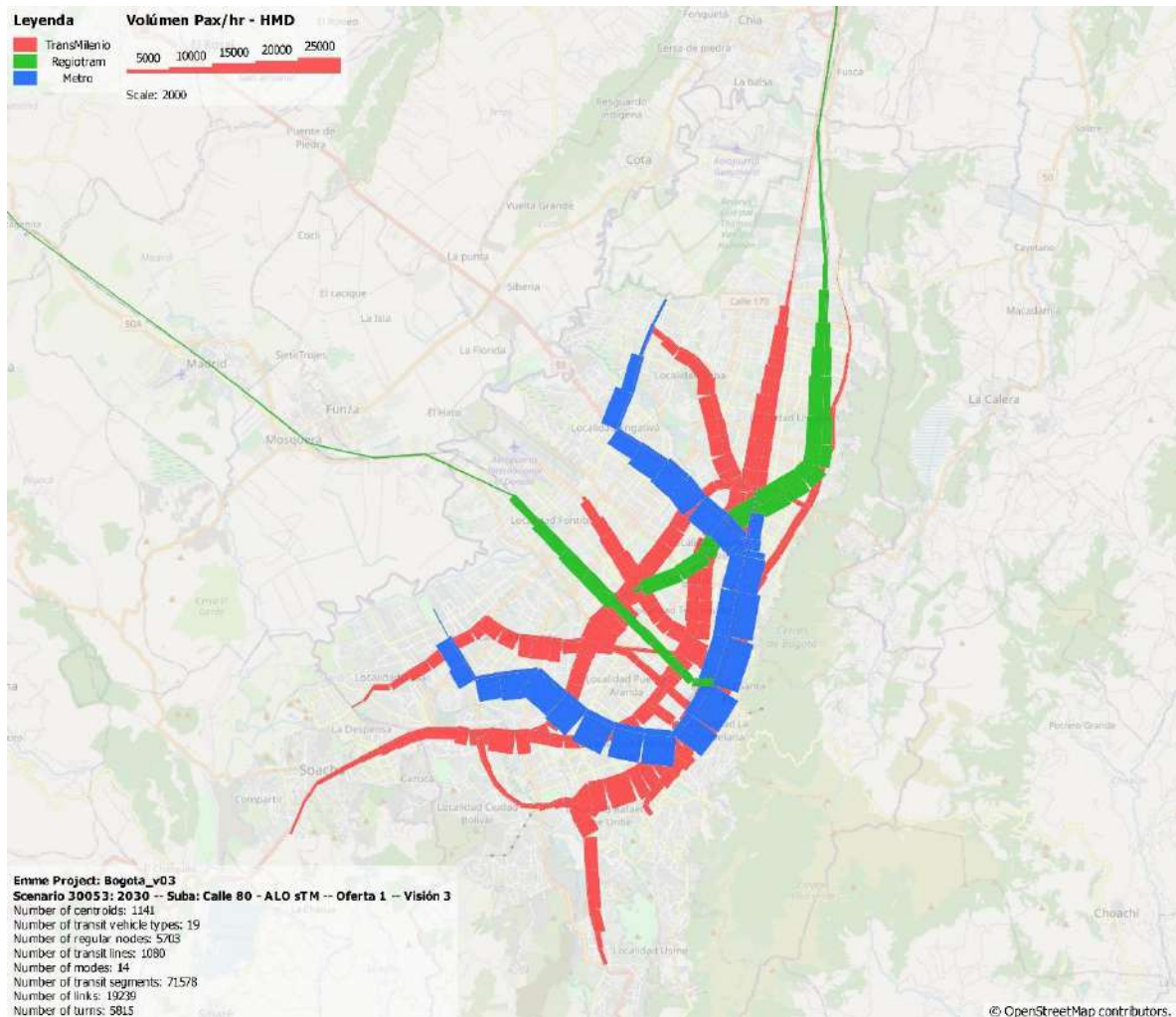
- 3.122 Como en el caso anterior el aumento de transbordos es importante en la conexión de las dos líneas pasando de 46,000 transbordos en la hora pico a 78,000 transbordos. Ambos niveles de transbordos son muy altos, pero el aumento 70% hace que la estación de intercambio tuviera que ser muy grande y compleja.

Figura 3.34: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Suba– Corredor Calle 80 (Con troncal)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

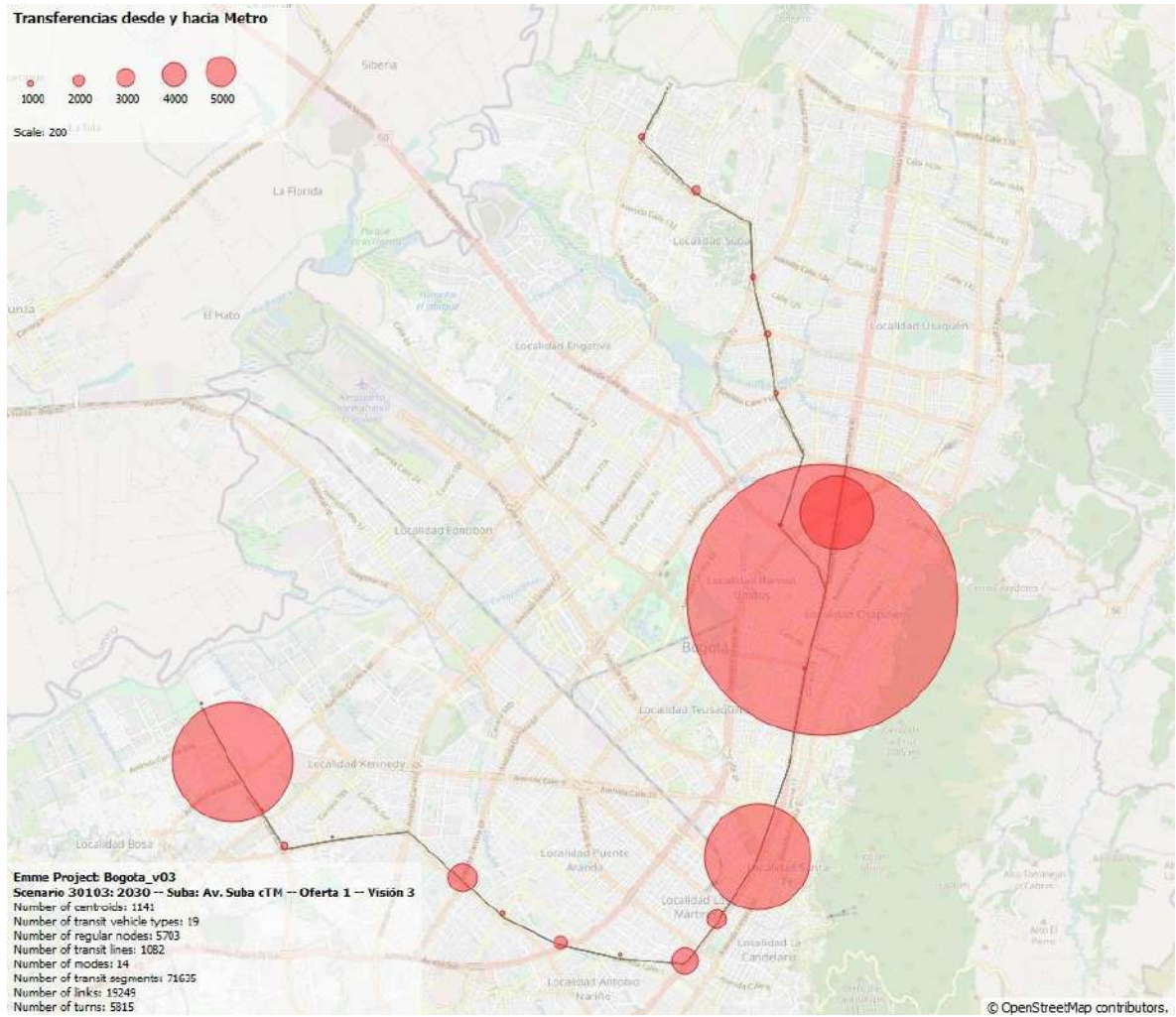
Figura 3.35: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Suba– Corredor Calle 80 (Sin troncal)



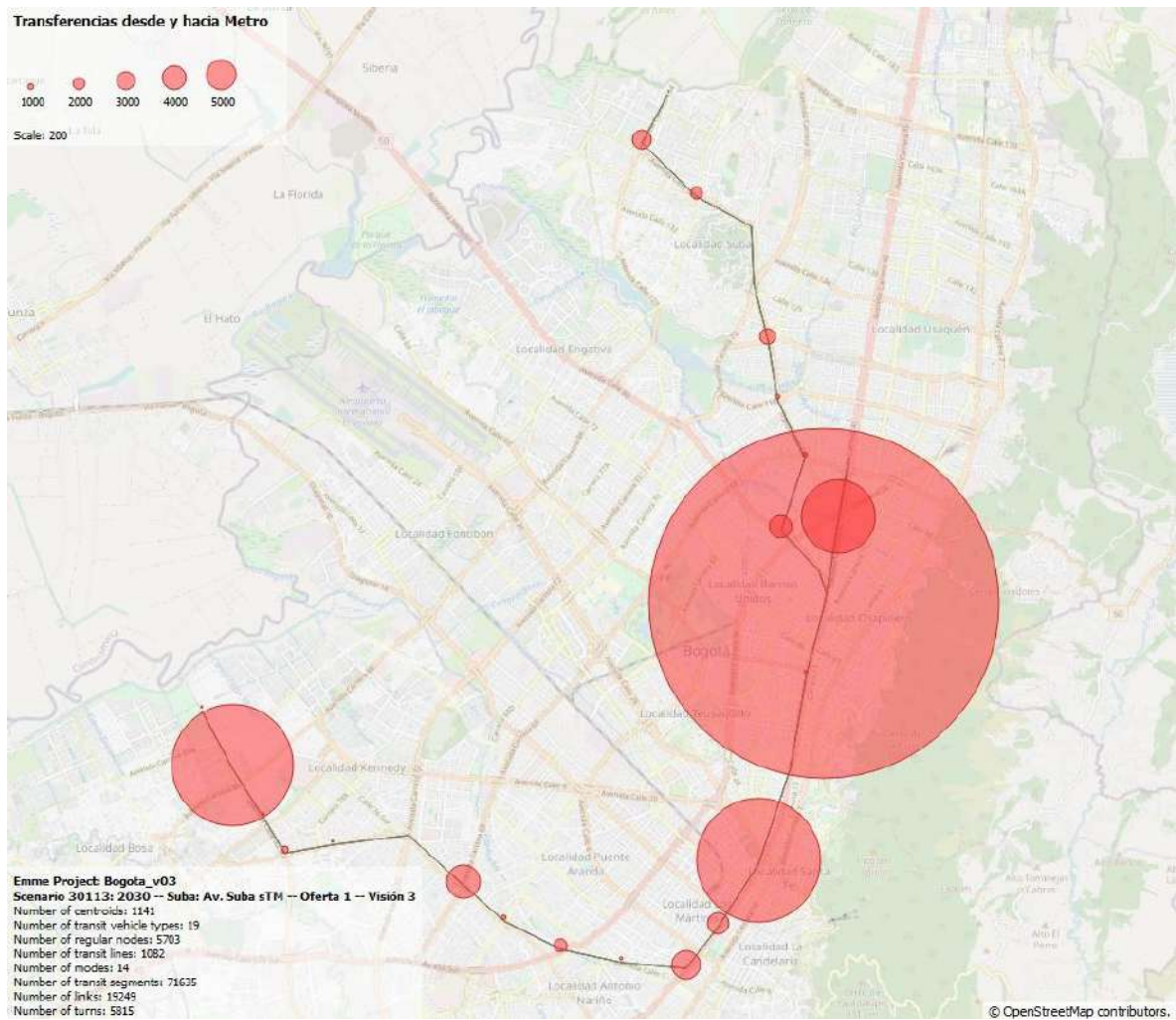
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

- 3.123 Se ve un aumento en la carga del metro en el escenario sin troncal, pero la diferencia no es tan marcada como se ve en el caso anterior, donde la carga aumenta mucho más. Lo anterior, dado que los viajes del que se atenderían con el nuevo corredor, para la oferta analizada, tiene una conexión más directa hacia Chapinero y el Centro de la Ciudad. Salvo algunos viajes que captaría del Corredor Calle 80, para el escenario sin troncal, no se evidencia una gran diferencia. Contar con la troncal facilita los viajes de corta distancia y la conexión con los demás corredores troncales.
- 3.124 Para complementar el análisis de la zona de Suba, se incluye la comparación entre trasbordos y cargas máximas con y sin troncal de la Av. Suba. Lo anterior, teniendo en cuenta que dicho corredor es quién provee cobertura de transporte masivo a la localidad de Suba.

Figura 3.36. Traspasos análisis de corredores zona de Suba – Corredor Av. Suba (Con troncal)



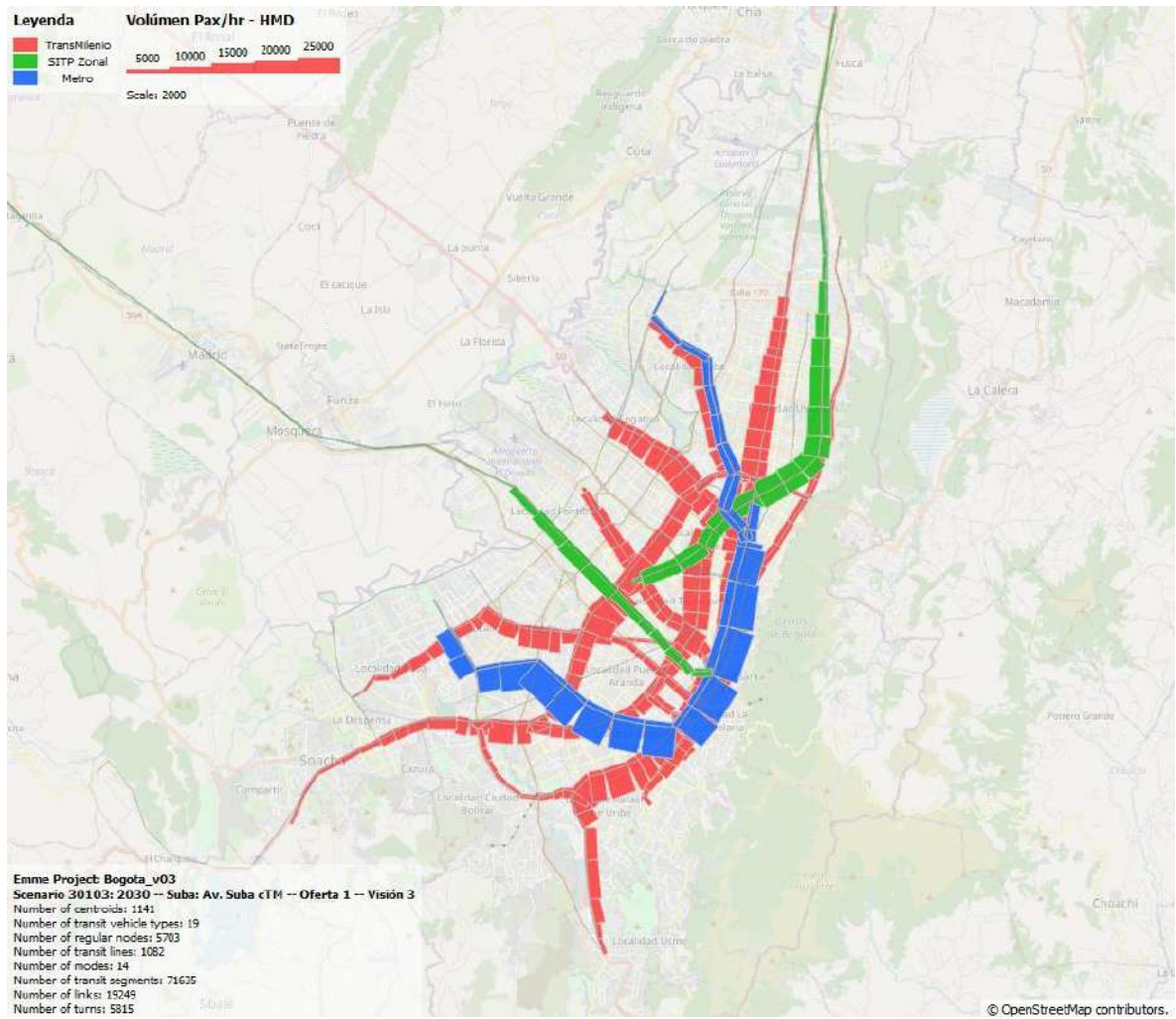
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

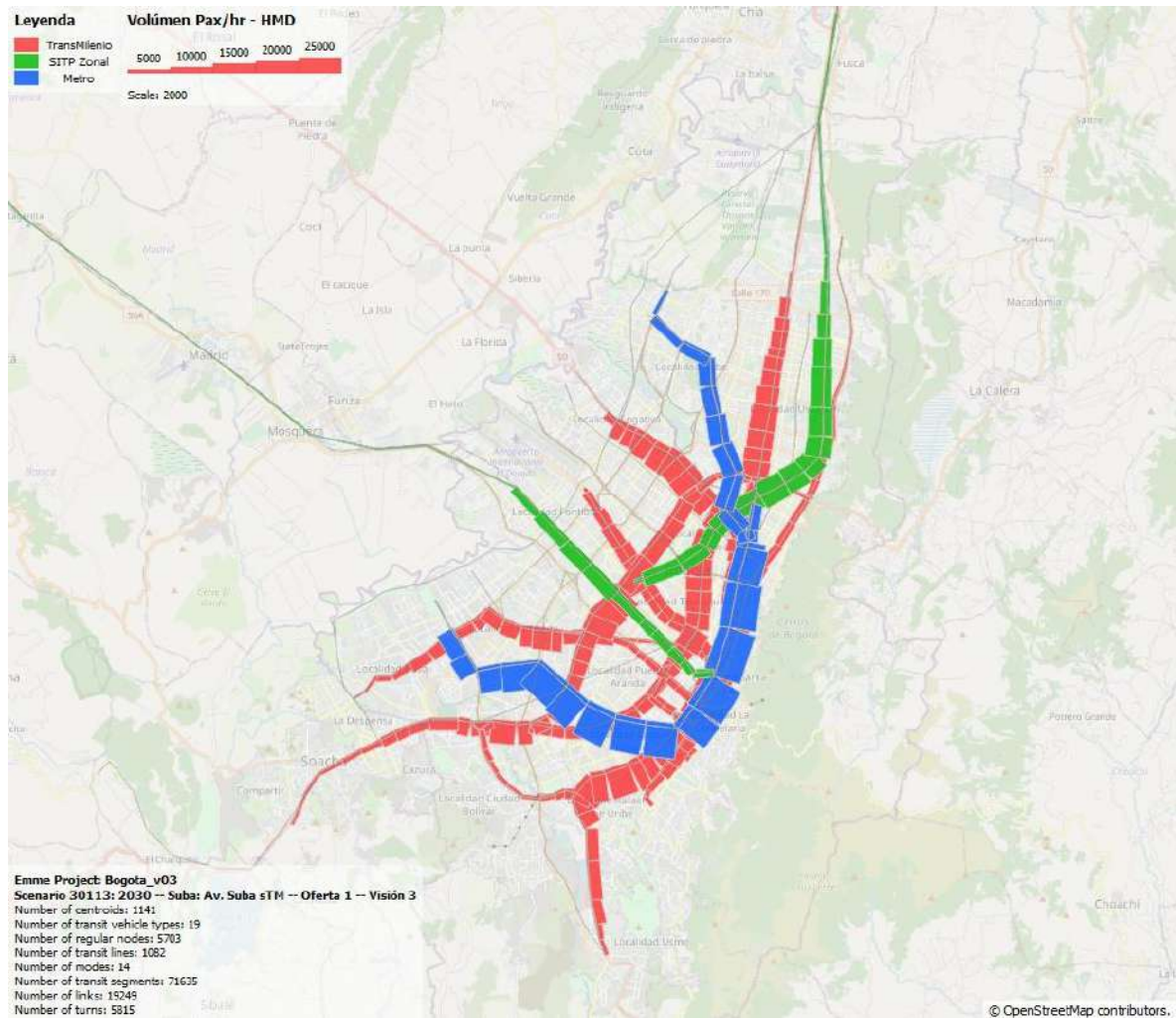
- 3.125 El aumento de transbordos en la conexión de las dos líneas pasa de 45,000 transbordos en la hora pico a 58,000 transbordos. La diferencia entre la demanda que capta por trasbordos entre la alternativa con troncal y sin troncal no es significativa.

Figura 3.37: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Suba– Corredor Av. Suba (Con Troncal)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

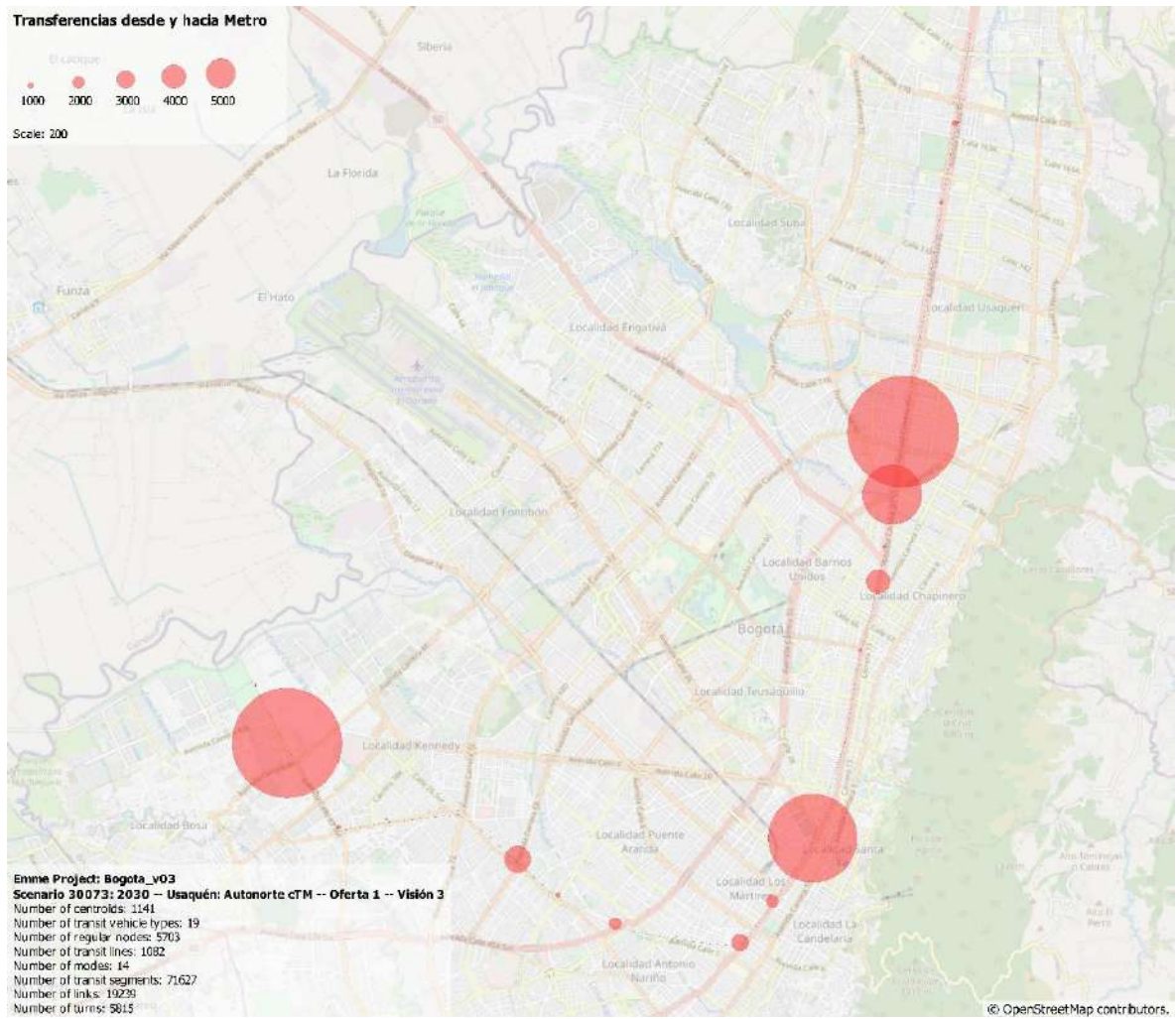
Figura 3.38: Cargas Máximas análisis de corredores zona de Suba– Corredor Av. Suba (Sin Troncal)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

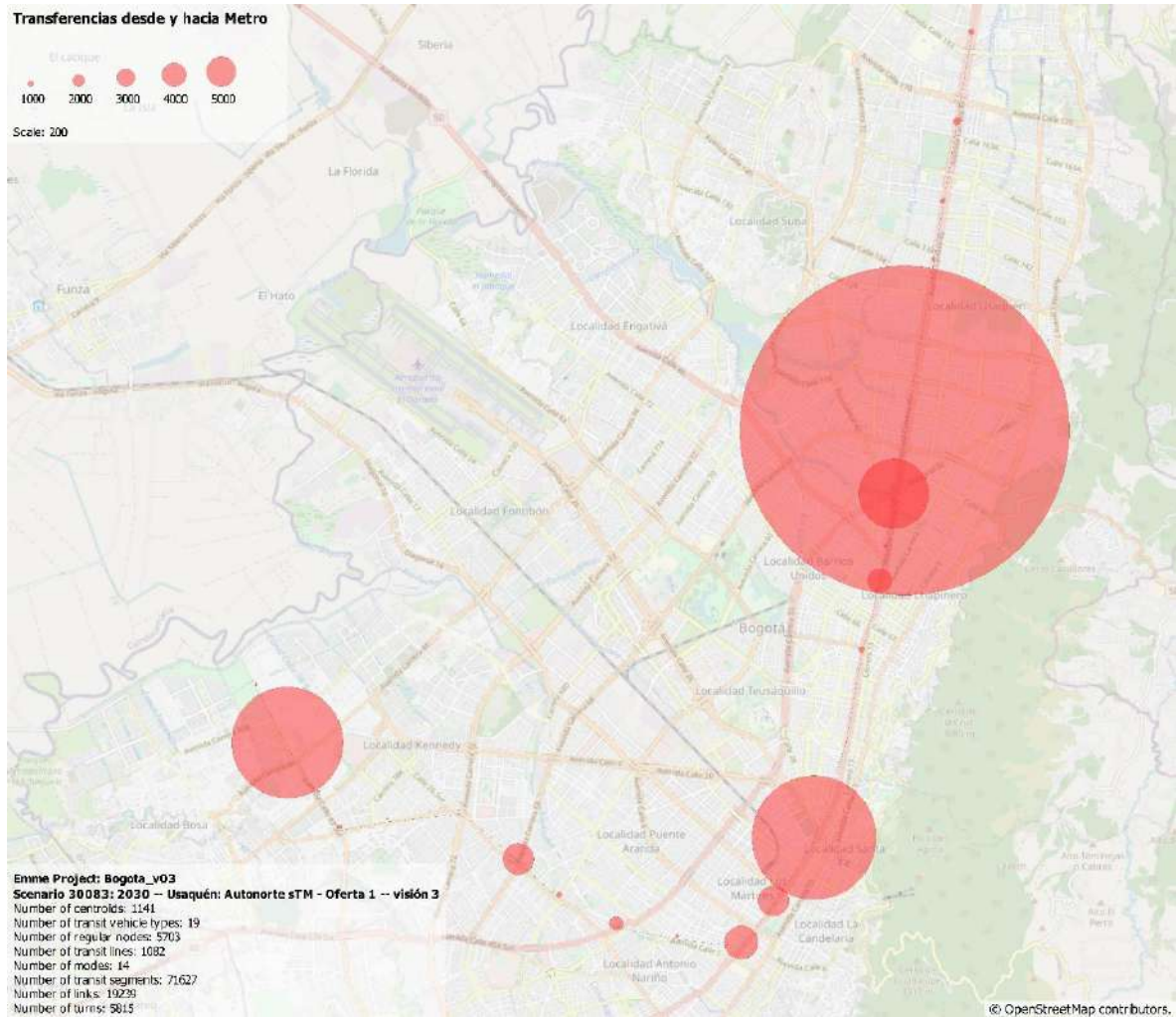
- 3.126 Se ve un aumento en la carga del metro en el escenario sin troncal, siendo un aumento similar a la evaluación de la alternativa de la Calle 80-ALO.
- 3.127 Para el caso del corredor de la Avenida Suba, no se evidencian diferencias importantes, dado que, en cualquiera de las dos situaciones, los usuarios de Suba tendrían la oportunidad de atender sus viajes directamente, en la troncal del sistema TransMilenio o a través del metro sobre el mismo corredor. En este análisis lo importante es que la conectividad de los usuarios de Suba hacia las troncales NQS o Av. 68, se limitaría y los usuarios tendrían que hacer un trasbordo para satisfacer sus necesidades de viaje.

Figura 3.39. Traspaldos análisis de corredores zona de Usaquén – Corredor Autopista Norte (Con troncal)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

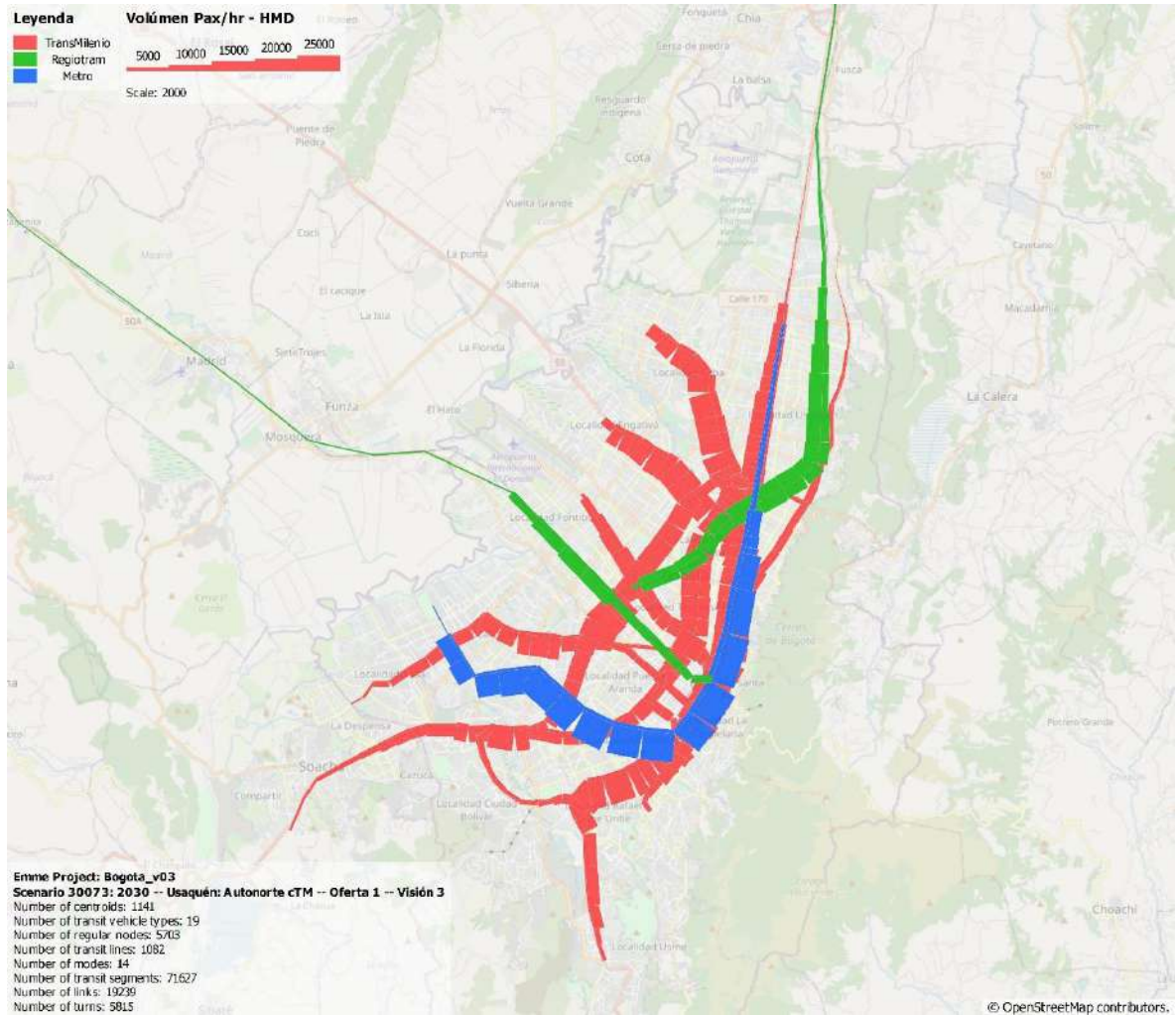
Figura 3.40. Traspaldos análisis de corredores zona de Usaquén – Corredor Autopista Norte (Sin troncal)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

- 3.128 De forma similar, el aumento de transbordos es importante en la conexión de las dos líneas pasando de 18,000 transbordos en la hora pico a 55,000 transbordos, pero en este caso en la Calle 100. El aumento es de más del doble, explicado por la inexistencia del corredor Troncal de la Autopista Norte, situación que generaría un punto de conexión física con el que hoy el SITP no cuenta. EL Portal Américas del sistema TransMilenio, por ejemplo, en la hora de máxima demanda de usuarios registra alrededor de 20.000 validaciones de usuarios para un día hábil.

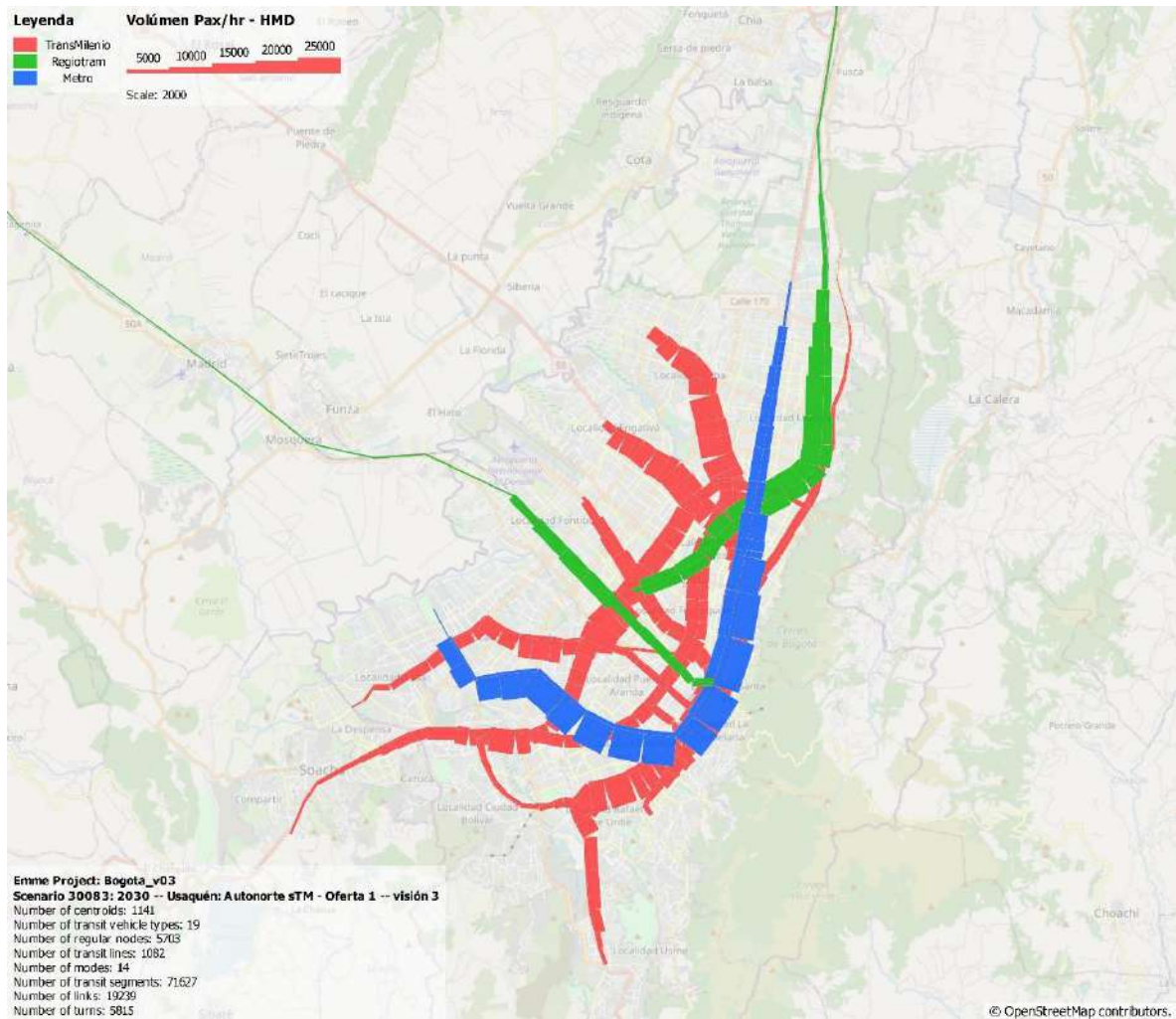
Figura 3.41. Cargas máximas de corredores zona de Usaquén – Corredor Autopista Norte (Con troncal)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

3.129 La demanda de la extensión de la línea 1 con troncal es baja, la troncal Autonorte continúa teniendo una demanda importante. La demanda que mantiene la troncal Autonorte corresponde a las conexiones que se dan con los corredores troncales Caracas, NQS y Av. 68.

Figura 3.42. Cargas máximas de corredores zona de Usaquén – Corredor Autopista Norte (Sin Troncal)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer, 2020

- 3.130 En la situación sin troncal, el corredor metro absorbe la demanda por el corredor troncal caracas, disminuyendo la carga de dicha troncal. Se observa que el corredor férreo del norte y troncal Carrera 7 también incrementan su demanda.
- 3.131 De acuerdo con lo establecido en el Plan Maestro de Movilidad el SITP es el eje estructurante del sistema de movilidad en Bogotá. En consecuencia, para todos los efectos se considerará prioritario para la ciudad su desarrollo, expansión e implantación. Dicha prioridad será criterio esencial para la adopción de las decisiones asociadas a la definición, desarrollo e implementación de políticas de transporte e infraestructura vial de la ciudad.
- 3.132 En esta misma línea el CONPES 3900 de 2017 incorporó un esquema de troncales alimentadoras que buscan brindar opciones de transporte a los usuarios, garantizar accesibilidad al sistema de transporte y facilitar la intermodalidad con modos alternativos y no motorizados. Por lo anterior, la recomendación del equipo Consultor es adelantar el análisis de identificación de alternativas

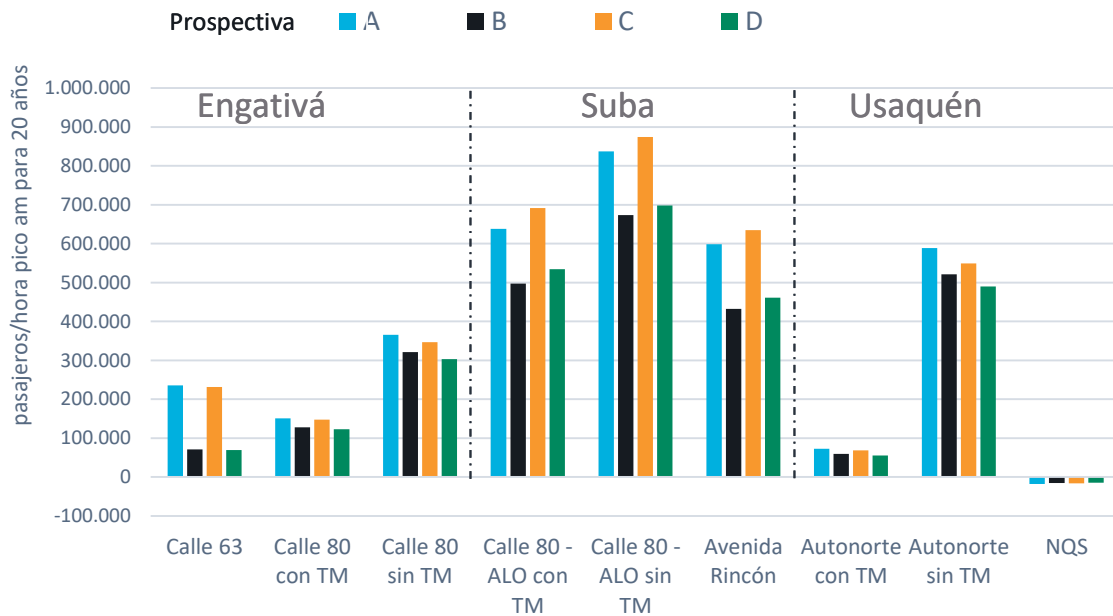
definido en los términos de referencia con la existencia de un Sistema Integrado de Transporte Público actual en etapa de consolidación y transformación.

- 3.133 De acuerdo con los resultados del análisis de coexistencia con troncales del Sistema TransMilenio indica que la eliminación de corredores troncales afectaría a los usuarios de transporte aumentando tiempos de viaje, disminuyendo la accesibilidad al sistema y aumentando el costo promedio a los usuarios.
- 3.134 A continuación, se observan los resultados para el análisis de indicadores del componente de beneficios sociales para la Zona de Expansión. Los análisis presentados corresponden a la sumatoria de los indicadores en los cortes temporales 2030 y 2050, es decir, la sumatoria de 20 años de cada indicador. Los resultados en la evaluación no varían si se hace una sumatoria o un promedio de los cortes temporales, pero la sumatoria permite ver las diferencias entre alternativas de una forma más evidente.

Pasajeros transportados en metro

- 3.135 Los resultados de la cantidad de pasajeros transportados en HPAM por el metro indican que los corredores con mayor número de abordajes en el metro respecto a la oferta sin proyecto metro en el corredor analizado son la Calle 80-ALO sin troncal y los otros corredores evaluados para la localidad de Suba. El primer corredor presenta un desempeño superior, con un total de aproximadamente 900,000 pasajeros para 20 años en la hora pico respecto a la Oferta Base. En el corredor NQS se observa una disminución de los pasajeros transportados debido a la existencia del corredor férreo Regiotram, el cual cuenta con más estaciones que la red de metro.

Figura 3.43: Resultados para el indicador Pasajeros Transportados en metro para la Zona de Expansión

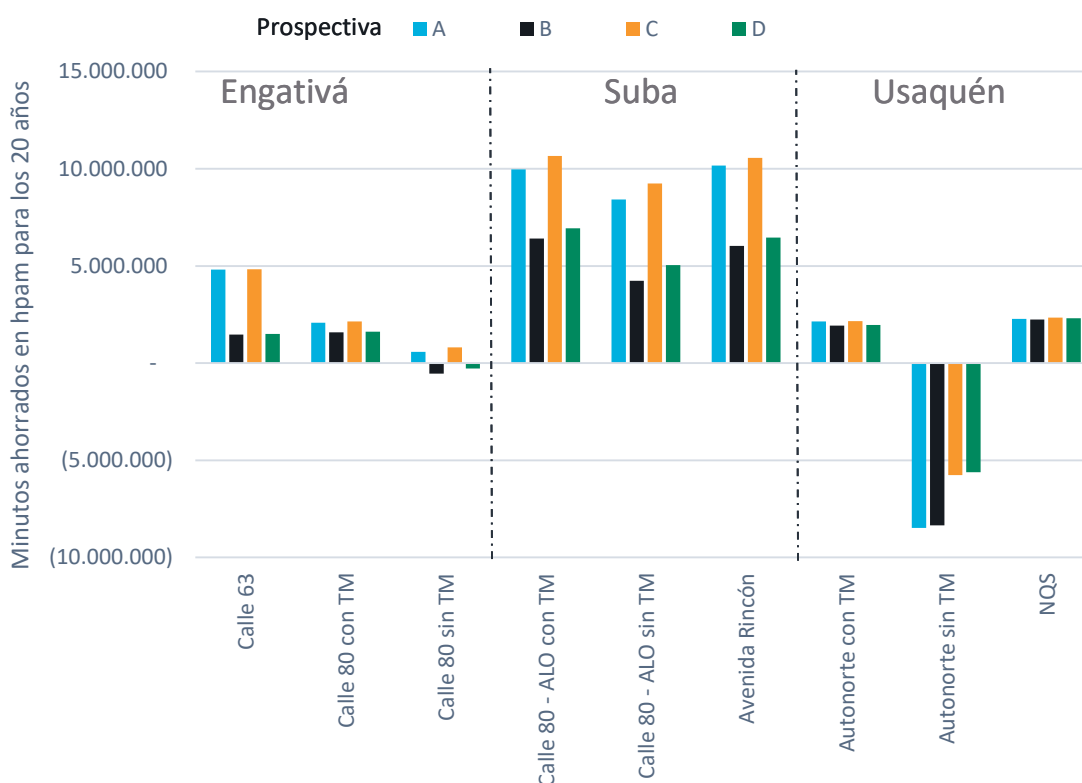


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Ahorro en tiempo de viaje de la ciudad

- 3.136 Respecto a los ahorros de tiempo de viaje en la ciudad, los corredores de Suba-Engativá presentan el mayor beneficio, principalmente en las perspectivas A y B con un total aproximado de 10 millones de minutos ahorrados para 20 años en la HPAM. Los corredores de Usaquén presentan el menor ahorro, y al evaluar la Autonorte sin TransMilenio hay un aumento de casi 10 millones de minutos en tiempo de viaje respecto a la Oferta Base. Esto se debe a que se pierde la conectividad con el sistema TransMilenio, representando un aumento en tiempo de transbordo debido a la cobertura que tendría el metro respecto a TransMilenio.

Figura 3.44: Resultados para el indicador Ahorro en tiempo de viaje en metro para la Zona de Expansión



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Índice de necesidades de transporte

- 3.137 La metodología y resultados del indicador ITN para toda la ciudad fueron presentados anteriormente. Se detalla a continuación el resultado para las localidades de Suba, Engativá y Usaquén, teniendo en cuenta que este indicador es independiente de la oferta, demanda y corredor de análisis. El ITN varía según las características poblaciones y factores de dependencia del transporte de cada localidad.
- 3.138 La localidad de Suba presenta las mayores necesidades de transporte respecto a las otras localidades, siendo un 56% superior a Engativá y 270% superior a Usaquén en el indicador.

Tabla 3.21: Índice de necesidades de transporte para cada localidad evaluada en la Zona de Expansión

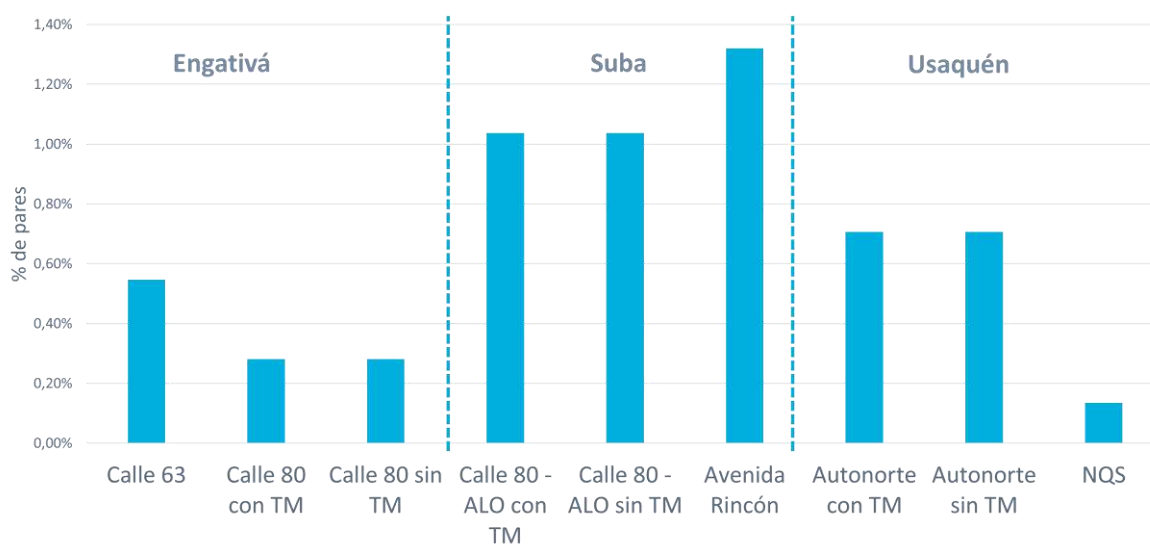
Localidad	Índice de necesidades de transporte
Engativá	0.55
Suba	0.86
Usaquén	0.23

Fuente: Unión Temporal Egis- Steer, 2020

Conectividad ofertada por la red de metro

3.139 Este indicador mide el potencial de cobertura del corredor, al evaluar la cantidad de pares OD que cubre el corredor evaluado. Los resultados muestran que los corredores de la localidad de Suba son los de mejor desempeño.

Figura 3.45: Resultados para el Conectividad ofertada por la red de metro para la Zona de Expansión

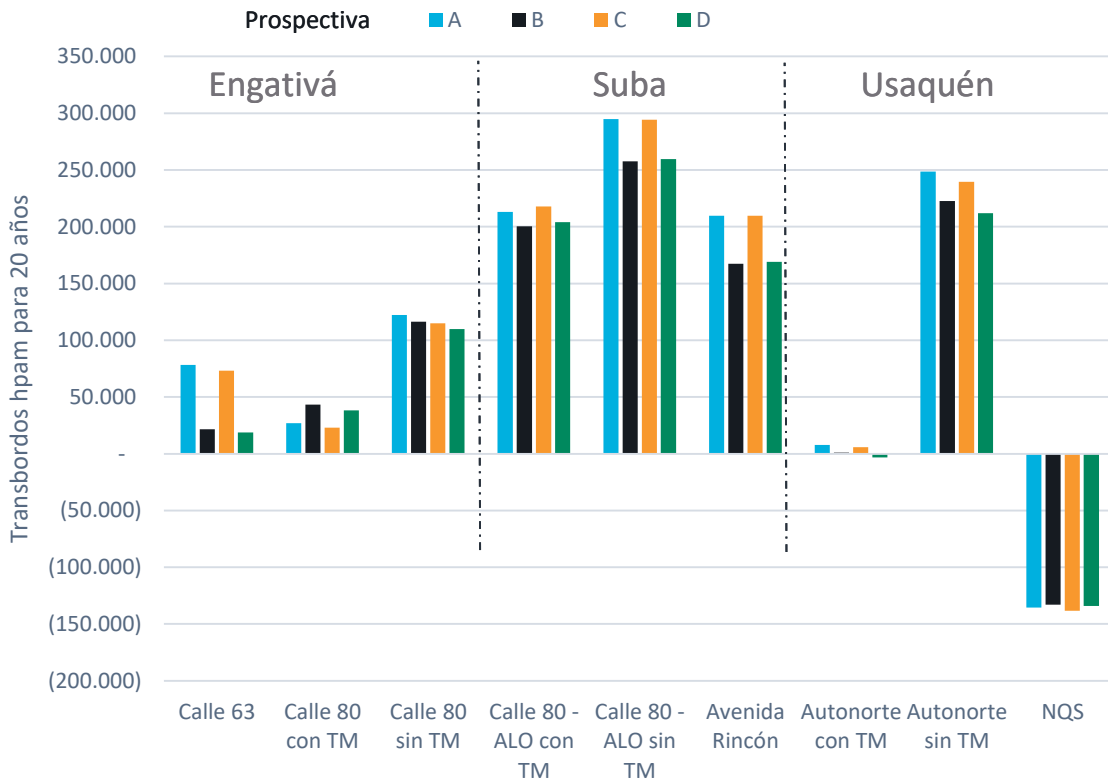


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Intermodalidad

3.140 En este indicador se miden los transbordos entre los modos de mayor capacidad, es decir Metro, TransMilenio y Regiotram. El corredor de mayor desempeño en este indicador es la Calle 80-ALO sin TransMilenio, seguido por la Autonorte sin TransMilenio. La NQS presenta una reducción significativa del número de transbordos respecto a la Oferta Base debido a que comparte el recorrido con el Corredor Férreo del Norte, por lo que los viajes del norte de la ciudad tienen una opción directa hacia principales destinos de viaje como Salitre y en el norte de la ciudad hasta la Calle 92.

Figura 3.46: Resultados para el indicador de intermodalidad para la Zona de Expansión

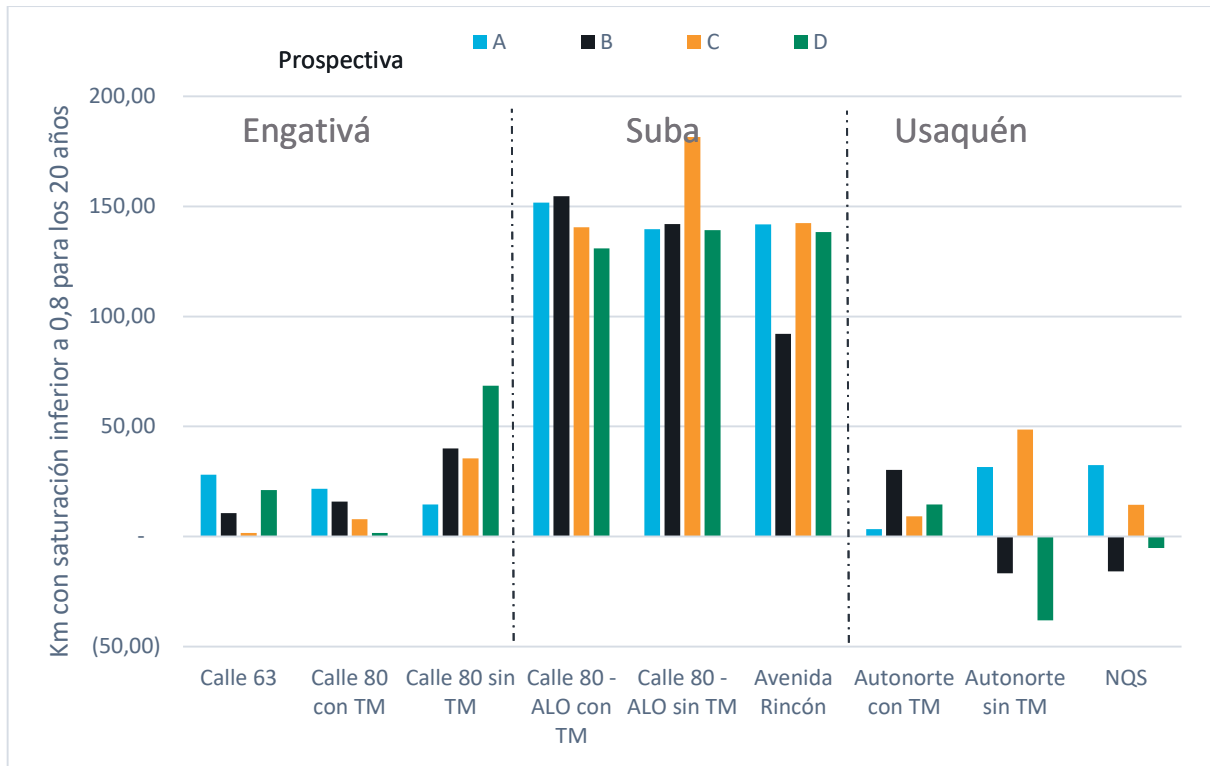


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Saturación de la red

- 3.141 En este indicador se mide la mejora en calidad de servicio por la entrada en operación del Metro, mejorando la saturación de la red (descongestionando la red). Los corredores de la localidad de Suba-Engativá son los que más ayudan a descongestionar el sistema de transporte masivo. Los corredores de Autonorte sin TransMilenio y NQS presentan aumentos en congestión del sistema para la Oferta Optimista.
- 3.142 Dada la amplia oferta de proyectos de transporte masivo en las perspectivas C y D, disminuye considerablemente los km de red de transporte masivo saturado. Para la zona de Suba este indicador es contundente, debido a que en cualquiera de las perspectivas se incrementan los km de transporte masivo del sistema, con troncales que dan servicio directamente a dicha localidad, como: Avenida Boyacá, Avenida Ciudad de Cali, ALO, y Calle 170.

Figura 3.47: Resultados para el indicador de mejora en la Saturación de la red para la Zona de Expansión



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Resultados de la evaluación de Zona de Expansión

3.143 La puntuación de cada alternativa es determinada por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 & \text{Puntuación alternativa}_i \\
 &= \sum_j^n \left(\frac{\text{Valor indicador}_j - \text{Mínimo valor indicador}}{\text{Máximo valor indicador}_j - \text{Mínimo valor indicador}} * 90 + 10 \right) \\
 & \quad * \text{Peso indicador} * \text{Peso criterio}
 \end{aligned}$$

3.144 Donde:

- J se refiere al indicador
- I es la alternativa, por lo tanto, la puntuación de cada alternativa sería la sumatoria de los pesos obtenidos por cada indicador

3.145 Basado en la fórmula anterior cada alternativa podría obtener un máximo puntaje de 100 y un mínimo de 10 puntos. La alternativa a priorizar sería la que obtenga el mayor puntaje.

3.146 Finalmente, los resultados obtenidos para cada una de las evaluaciones se presentan a continuación. Estos resultados pueden observarse con detalle en el Anexo A.

3.147 Es importante aclarar que, dadas las prospectivas analizadas para el componente de beneficios en transporte, se realizaron 4 evaluaciones diferentes. Para cada una de las evaluaciones se calcularon los valores en escala de 10 a 100 de cada indicador y posteriormente se promediaron

los puntajes. Por lo anterior los resultados son adimensionales, no tienen unidades. A continuación, se muestran los resultados de los puntajes para cada prospectiva.

Tabla 3.22: Puntajes de la evaluación para prospectiva A

Alternativa	Ahorro de tiempo	Pasajeros	Conectividad	Necesidades de transporte	Integración modal	Saturación	Ambiental	Puntaje final
Engativá: Calle 63	23.98	5.22	7.74	4.63	2.70	2.71	1.95	48.94
Engativá: Calle 80 con TM	19.73	3.95	3.96	4.63	2.17	2.30	10.63	47.37
Engativá: Calle 80 sin TM	17.39	7.16	3.96	4.63	3.15	1.83	10.63	48.75
Suba: Calle 80 - ALO con TM	32.03	11.23	14.62	8.32	4.08	10.87	1.08	82.23
Suba: Calle 80 - ALO sin TM	29.61	14.21	14.62	8.32	4.93	10.08	1.08	82.83
Suba: Avenida Rincón	32.33	10.64	18.54	8.32	4.05	10.22	7.66	91.76
Usaquén: Autonorte con TM	19.82	2.77	9.99	0.83	1.97	1.09	10.79	47.26
Usaquén: Autonorte sin TM	3.23	10.49	9.99	0.83	4.45	2.95	10.79	42.74
Usaquén: NQS	20.02	1.42	1.85	0.83	0.49	3.01	10.80	38.43

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Tabla 3.23: Evaluación para prospectiva B

Alternativa	Ahorro de tiempo	Pasajeros	Conectividad	Necesidades de transporte	Integración modal	Saturación	Ambiental	Puntaje final
Engativá: Calle 63	22.57	3.03	7.74	4.63	2.25	2.65	1.95	44.83
Engativá: Calle 80 con TM	22.80	4.08	3.96	4.63	2.49	2.94	10.63	51.55
Engativá: Calle 80 sin TM	18.63	7.67	3.96	4.63	3.32	4.32	10.63	53.16
Suba: Calle 80 - ALO con TM	32.33	10.94	14.62	8.32	4.28	10.87	1.08	82.44
Suba: Calle 80 - ALO sin TM	28.05	14.21	14.62	8.32	4.93	10.16	1.08	81.35
Suba: Avenida Rincón	31.59	9.74	18.54	8.32	3.90	7.30	7.66	87.06
Usaquén: Autonorte con TM	23.50	2.82	9.99	0.83	2.01	3.77	10.79	53.71
Usaquén: Autonorte sin TM	3.23	11.38	9.99	0.83	4.53	1.09	10.79	41.85
Usaquén: NQS	24.11	1.42	1.85	0.83	0.49	1.14	10.80	40.65

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Tabla 3.24: Evaluación para prospectiva C

Alternativa	Ahorro de tiempo	Pasajeros	Conectividad	Necesidades de transporte	Integración modal	Saturación	Ambiental	Puntaje final
Engativá: Calle 63	22.01	4.98	7.74	4.63	2.66	1.09	1.95	45.07
Engativá: Calle 80 con TM	17.23	3.77	3.96	4.63	2.14	1.42	10.63	43.79
Engativá: Calle 80 sin TM	14.86	6.63	3.96	4.63	3.09	2.93	10.63	46.73
Suba: Calle 80 - ALO con TM	32.33	11.59	14.62	8.32	4.14	8.64	1.08	80.71
Suba: Calle 80 - ALO sin TM	29.82	14.21	14.62	8.32	4.93	10.87	1.08	83.84
Suba: Avenida Rincón	32.15	10.77	18.54	8.32	4.06	8.75	7.66	90.24
Usaquén: Autonorte con TM	17.27	2.64	9.99	0.83	1.97	1.50	10.79	44.99
Usaquén: Autonorte sin TM	3.23	9.54	9.99	0.83	4.36	3.64	10.79	42.39
Usaquén: NQS	17.59	1.42	1.85	0.83	0.49	1.78	10.80	34.77

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Tabla 3.25: Evaluación para prospectiva D

Alternativa	Ahorro de tiempo	Pasajeros	Conectividad	Necesidades de transporte	Integración modal	Saturación	Ambiental	Puntaje final
Engativá: Calle 63	19.73	2.93	7.74	4.63	2.21	4.36	1.95	43.56
Engativá: Calle 80 con TM	19.99	3.88	3.96	4.63	2.43	3.28	10.63	48.81
Engativá: Calle 80 sin TM	15.62	7.11	3.96	4.63	3.24	6.97	10.63	52.17
Suba: Calle 80 - ALO con TM	32.33	11.27	14.62	8.32	4.30	10.42	1.08	82.33
Suba: Calle 80 - ALO sin TM	27.93	14.21	14.62	8.32	4.93	10.87	1.08	81.95
Suba: Avenida Rincón	31.21	9.95	18.54	8.32	3.91	10.82	7.66	90.42
Usaquén: Autonorte con TM	20.78	2.68	9.99	0.83	1.97	4.00	10.79	51.04
Usaquén: Autonorte sin TM	3.23	10.47	9.99	0.83	4.39	1.09	10.79	40.79
Usaquén: NQS	21.58	1.42	1.85	0.83	0.49	2.90	10.80	39.88

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 3.148 Una vez determinado el puntaje para cada alternativa y escenario, se calcula un promedio de los puntajes obtenidos para cada Zona de Expansión y para cada escenario evaluado. El resultado muestra que Suba es la zona que mayores beneficios generaría para la comunidad y el territorio.

Tabla 3.26: Puntaje promedio obtenido para cada Zona de Expansión y para cada uno de los escenarios evaluados

Prospectiva	Engativá	Suba	Usaquén
A	48.35	85.60	42.81
B	49.85	83.62	45.40
C	45.20	84.93	40.72
D	48.18	84.90	43.90
Promedio	47.89	84.76	43.21

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

3.149 Para el caso de Suba, los resultados de las prospectivas B y D, presentan una leve disminución al compararlos con las prospectivas A y B. Lo anterior se explica por el mayor número de proyectos de infraestructura de transporte en las prospectivas C y D, en donde los usuarios tienen más opciones para viajes que podrían atender usando el Metro. En este punto de selección de zona, el objetivo es medir los beneficios para el usuario y para la red de transporte masivo, situación que se refleja en los resultados. La leve diferencia entre las prospectivas de la zona de Suba también se debe a que por la mayor oferta de proyectos de transporte público en las prospectivas B y D, existe una mayor red de transporte masivo con saturación inferior al 80%.

3.150 Se realizó un análisis de robustez cambiando los pesos de los criterios a evaluar con el objetivo de sensibilizar el resultado con base en los pesos de cada componente evaluado, para esto se tuvo en cuenta el error estándar de los parámetros obtenidos en la estimación logit y un intervalo de confianza del 95 %. En la siguiente tabla se muestran los pesos obtenidos para el análisis a realizar.

Tabla 3.27: Pesos de criterio para el análisis de robustez

Escenario	Peso criterio
Mejoras en transporte	53.8
Integración modal	11.8
Impacto ambiental	34.4

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

3.151 Los resultados obtenidos confirman los resultados presentados anteriormente, donde Suba es la zona que mayor beneficio genera a la comunidad y el territorio.

Tabla 3.28: Puntaje promedio obtenido para cada Zona de Expansión y para cada uno de los escenarios evaluados en el análisis de robustez.

Escenario	Engativá	Suba	Usaquén
A	54.49	70.98	57.91
B	55.60	69.51	59.81
C	52.17	70.47	56.38
D	54.40	70.47	58.72
Promedio	54.16	70.36	58.21

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 3.152 Como conclusión de la selección de la Zona de Expansión de la PLMB-T1, la evaluación realizada presenta a la localidad de Suba como la mejor alternativa para el desarrollo del metro. Esta alternativa representa los mejores beneficios a la población respecto a mejoras en transporte e impacto ambiental. Con base en la selección de esta zona, se seleccionan las alternativas de trazado de la Actividad 2.
- 3.153 La evaluación realizada para la Zona de Expansión tiene un nivel de robustez adecuado y complementario con el estudio preliminar realizado por EMB y el análisis de la EODH 2019, confirmando la selección de Suba como la mejor alternativa.
- 3.154 En el Anexo A se presenta el detalle del resumen de los resultados presentados anteriormente.

4 Identificación y caracterización de alternativas funcionales de trazado, tipología

Metodología desarrollada

- 4.1 Una vez seleccionada la Zona de Expansión, en conjunto con FDN y EMB se identificaron 18 alternativas con base en combinaciones lógicas de: trazado, tipología, tipo de conexión con el Tramo 1 de la PLMB, disponibilidad del Patio Taller, coexistencia con troncales de TransMilenio actuales, integración con proyectos de infraestructura de transporte sobre el corredor férreo del norte, con el fin de plantear distintas soluciones para la zona hacia la cual debe expandirse la PLMB -T1 identificada.
- 4.2 Las 18 alternativas preseleccionadas se pueden agrupar en 8 trazados homogéneos, en los cuales varió trazado principal, corredor de entrada a la zona de expansión seleccionada – Suba y el alineamiento vertical. En cada uno de los grupos fueron analizadas las posibilidades de conexión existentes, es decir, la expansión como línea independiente o como la extensión de la PLMB-T1. Se evaluaron las alternativas de forma independiente, pero su agrupación permite comprender los resultados de una mejor manera.
- 4.3 Por otra parte, la tipología de cada una de las alternativas, se definió preliminarmente con base en análisis realizados a información secundaria disponible , respecto a: la microzonificación sísmica de Bogotá, SIG de la EAAB junto con la identificación de las restricciones ambientales para la Estructura Ecológica Principal (EEP-POT), restricciones de pendiente y radio que fueron definidas inicialmente por el material rodante del contrato de concesión de la PLMB-T1; de tal forma, que fuese posible realizar diferentes análisis para trazados elevados, subterráneos y mixtos.
- 4.4 Las 18 alternativas se evaluaron en las diferentes perspectivas para la Visión 2014 en el modelo de 4 etapas de la ciudad, en donde se incluyó una sensibilidad de integración tarifaria con corredores férreos. A partir de una batería de indicadores propuesta por el Consultor se presentan los resultados para la selección de 13 alternativas a evaluar en la Fase 2 de la consultoría.
- 4.5 Para las alternativas se tuvieron en cuenta definiciones de tipo general por tipo de operación y revisión preliminar de zonas potenciales de patio, que serán analizadas en mayor detalle para la alternativa de mejor desempeño y los diseños de prefactibilidad del entregable 4.
- 4.6 En la siguiente figura se muestra las variables incluidas en la identificación de alternativas.

Figura 4.2: Nodo común para el desarrollo de alternativas de Expansión PLMB-T1



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.10 Los corredores contemplados para el desarrollo de las alternativas, permitiendo conectar el nodo de inicio y la Zona de Expansión en la localidad de Suba son:

Tabla 4.1: Corredores usados para el desarrollo de alternativas^{4,5}

Grupo	Corredores usados	Tipología POT	Carriles mixtos	Carriles BRT	Sistema metro	Ancho (m)
1	ALO o Avenida Longitudinal de Occidente	V0	Sin información	Sin información	SI	90-100
2	Autopista Norte o Avenida Paseo de los Libertadores (Entre Calle 72 y Límite del distrito al norte)	V0	10	2	SI	54-100
3	Avenida Calle 80 o Avenida Medellín	V1	4	6	SI	54-60
4	Avenida el Rincón o Cr 91-CI 127 ^a	V1	6	0	SI	54-60
5	Avenida Tabor o Calle132	V1	6	0	SI	54-60
6	Avenida Calle 100 o Avenida España	V1	8	0	SI	54-60
7	Avenida Ciudad de Cali (Entre CI 63 y CI 170)	V2	6	0	SI	36-40
8	Avenida Suba o Transversal 60	V2	2-3	1-2	SI	36-40
9	Avenida Calle 127 o Avenida Rodrigo Lara Bonilla	V2	6	0	SI	36-40
10	Avenida Calle 72 o Avenida Chile	V3	4	0	NO	25-30
11	Canal Rionegro	N/A	0	0	NO	min 40

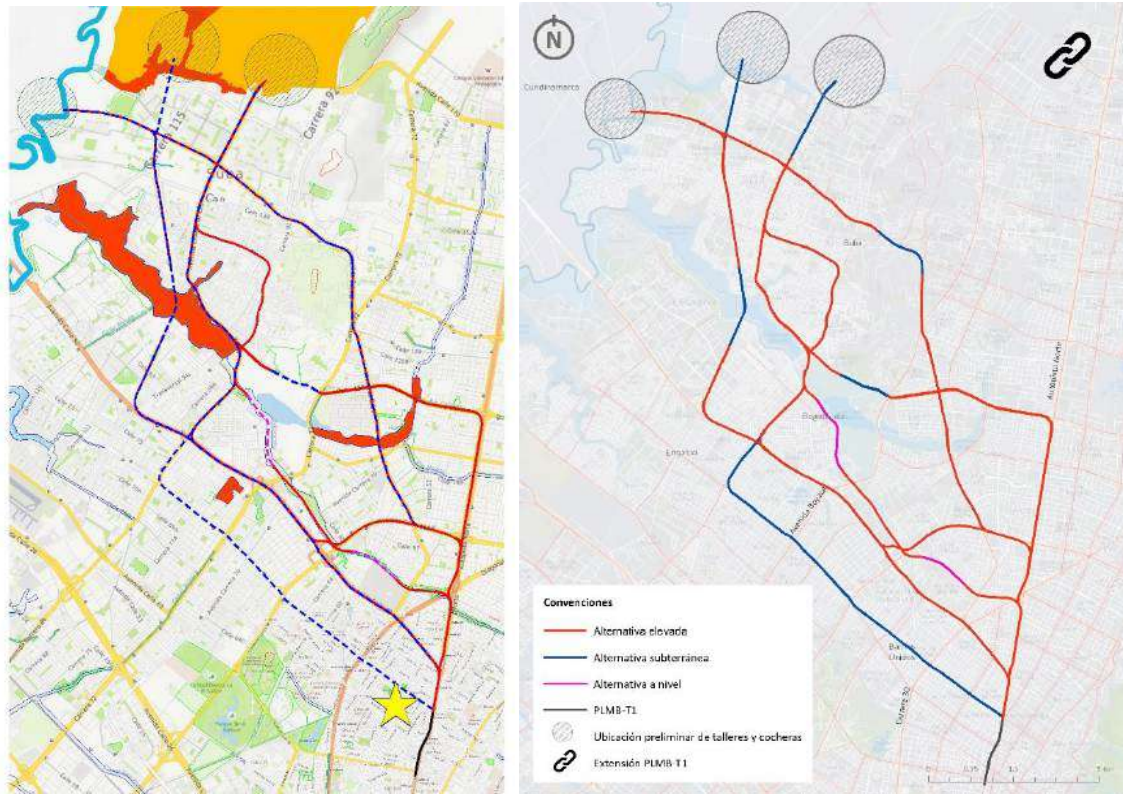
⁴ <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf>

⁵ http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/4-DOCUMENTO-TECNICO-DE-SOPORTE/_Libro%201%20DTS.pdf

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de revisiones preliminares con EMB y FDN

4.11 De la anterior tabla, se observa que los corredores de la Autopista Norte o Avenida Paseo de los Libertadores (Entre Calle 72 y Límite del distrito al norte) y la Avenida Calle 80 o Avenida Medellín en la actualidad son usados por las troncales del sistema BRT o TransMilenio, a lo cual hay que agregar la avenida de la calle 100, ya que sobre este corredor se contempla la inserción de este tipo de sistema BRT en el futuro. Adicional a lo anterior, se observa que los únicos corredores que no contemplan la inserción del sistema férreo, son los de la Avenida Calle 72 o Avenida Chile y el Canal Rionegro, lo que implica que, a futuro, se requiera un ajuste en la normatividad para integrar el sistema metro en estos perfiles viales.

Figura 4.3: Corredores entre Nodo de inicio y Zona de Expansión (Suba)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.12 El subsistema vial de Bogotá presenta variaciones en su grado de importancia en términos de lugar y movimiento de operación, de acuerdo con las especificaciones geométricas férreas, permitiendo diferenciar mejor la red vial dentro de su clasificación principal: arterial, intermedia y local, la asociación de algunos parámetros de diseño y de operación como pendientes, anchos y radios de giro, armonizando el trazado con los corredores.

Tabla 4.2: Clasificación vial y tipología por importancia de movimiento

Clasificación	Tipología	Longitud sección (metros)	Vía expresa	Avenida principal	Avenida secundaria	Bulevar	Vía colectora	Vía destino
---------------	-----------	---------------------------	-------------	-------------------	--------------------	---------	---------------	-------------

Arterial	V0	90 - 100					
	V1	54 - 90					
	V2	36 - 54					
	V3	27 - 36					
Intermedia	V4	20 - 27					
	V5	16 - 20					
Local	V6	<16					

Fuente: SDP - 2018

- 4.13 En este orden de ideas, se evidencia que todos los corredores estudiados menos el canal Rionegro, se encuentran dentro de la malla vial arterial de la ciudad de Bogotá, facilitando la inserción del sistema férreo, gracias a los perfiles viales existentes.
- 4.14 Los parámetros llamados “de diseño” son lineamientos para que cada vía cumpla con su vocación, tal como se presenta en la tabla.

Tabla 4.3: Parámetros de Clasificación vial y tipología por importancia de movimiento y área de actividad

Parámetros de clasificación	Vía expresa	Avenida principal	Avenida secundaria	Bulevar	Vía colectora	Vía destino
Sección		V0 a V3	V2 a V4	V2 a V4	V4 a V6	V6
Volumen (veh mixtos/hora)	>10,000	5,000 - 10,000	3,500 - 7,500	3,500 - 5,000	2,500	1,000 - 2,500
Número de carriles mixtos y de transporte público en ambos sentidos	> 6	>4 ; < 14	>3; < 6	>3; < 4	1 o 2	1 o 2
Carriles exclusivos para transporte masivo	Permitido	Permitido	No permitido	No permitido	No permitido	No permitido
Área de actividad rural	X					
Área de actividad Semi-Rural	X	X				
Área de actividad residencial			X	X	X	X
Área de actividad mixta		X	X	X	X	
Área de actividad centro fundacional					X	X
Área de actividad zona comercial		X		X	X	

Parámetros de clasificación	Vía expresa	Avenida principal	Avenida secundaria	Bulevar	Vía colectora	Vía destino
Área de actividad zona industrial		X			X	

Fuente: SDP - 2018

- 4.15 Es así como, cobra importancia la posibilidad de asignar distintas tipologías dentro de la clasificación del subsistema vial, ya que en función de los parámetros de clasificación permiten que se puedan asignar dentro de las diferentes mallas viales. Situación que repercute en el diseño y la intervención que se les debe realizar.
- 4.16 No obstante, y dada la clasificación de las secciones viales, es necesario relacionar tanto las categorías de primer nivel del subsistema vial, como las tipologías dentro de la malla y las secciones viales.

Tabla 4.4: Asignación de tipologías del Subsistema vial

Tipología	Arterial	Arterial	Arterial/intermedia	Arterial/intermedia	Intermedia	Local
V0	Vía expresa	Av. Principal				
V1	Vía expresa	Av. Principal				
V2	Vía expresa	Av. Principal	Avenida Secundaria	Bulevar		
V3	Vía expresa	Av. Principal	Avenida Secundaria	Bulevar		
V4			Avenida Secundaria	Bulevar	Vía Colectora	
V4R					Intermunicipal / veredal	
V5					Vía Colectora	
V6						Vía destino (en suelo urbano)
V6R						Vía destino (en suelo rural)

Fuente: SDP - 2018

- 4.17 Identificando las características de los corredores usados y su vocación, se pueden analizar las condiciones geométricas de implantación del sistema férreo y las restricciones que presenta la infraestructura en materia de normatividad ambiental y su marco legal. Por otra parte, la

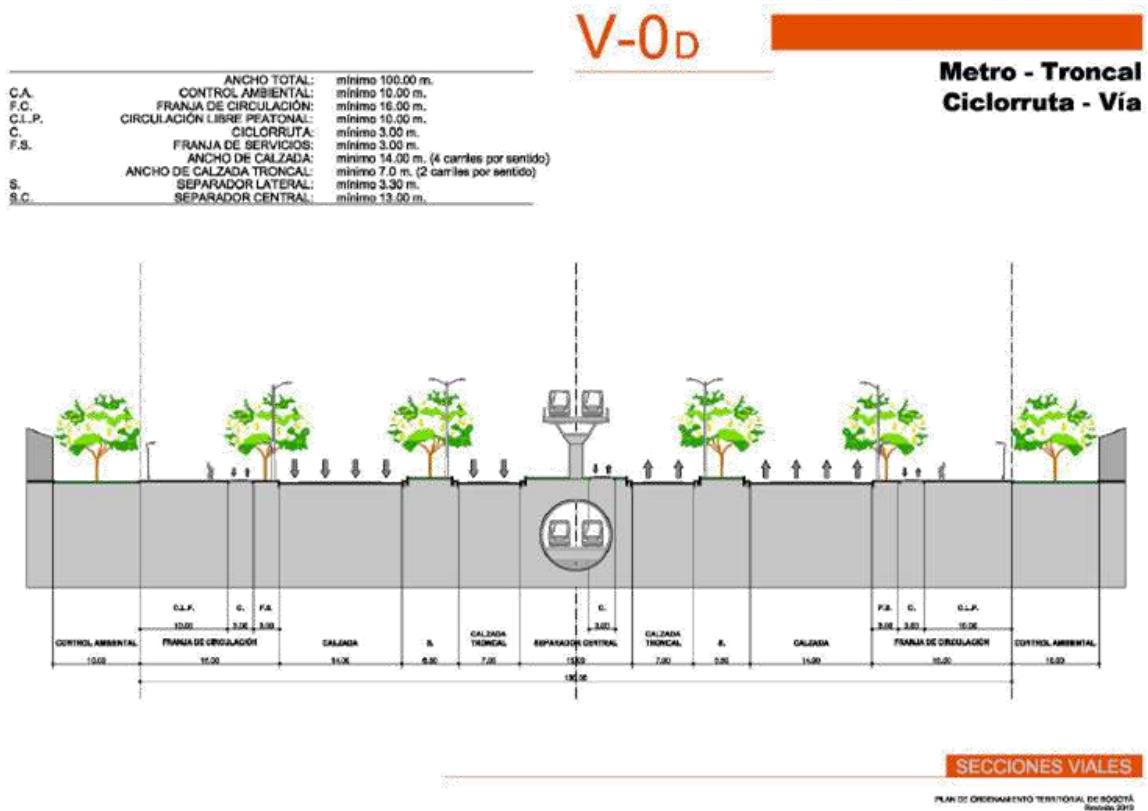
afectación predial en esta fase del estudio no será desarrollada en profundidad, se analizaron predios específicos comerciales e institucionales, que por su tamaño o representatividad no fueron afectados dentro del trazado geométrico propuesto para las alternativas.

Avenida Longitudinal de Occidente (ALO)

4.18 De acuerdo con la sección vial del POT vigente, la Avenida Longitudinal de Occidente ALO recorrerá la ciudad de Norte a Sur en calzada bidireccional, permitiendo la conexión con varios municipios de Cundinamarca por el perímetro occidental de Bogotá, sin acceder a los corredores centrales de la ciudad.

4.19 En su trayecto por la ciudad, contempla una sección Vial V0⁶, que permite el tránsito de vehículos mixtos, BRT y sistema metro, con un ancho de 100 m. La configuración de esta sección vial permite la inserción del sistema férreo tanto elevado como subterráneo con facilidad, considerando que se contempla un separador central de al menos 13.0 m de ancho, conservando una distancia razonable respecto a los predios colindantes minimizando la afectación predial y la interferencia con el sistema BRT y tráfico mixto.

Figura 4.4: Sección Vial V0 con sistema metro elevado o subterráneo - POT Bogotá.



⁶ <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>

Autopista Norte o Avenida Paseo de los Libertadores

- 4.20 La Autopista Norte o Avenida Paseo de los Libertadores recorre la ciudad de norte a sur en calzada bidireccional el tramo norte, la cual contempla una sección vial tipo V0 que permite el tránsito de vehículos mixtos, BRT y sistema metro, con un ancho de 100 m. La configuración de esta sección vial permite la inserción del sistema férreo elevado con algún grado de dificultad, debido a la infraestructura existente para el BRT; respecto al perfil vial, no presentan dificultad de inserción del sistema férreo, considerando que se contempla un separador central de al menos 13.0 m de ancho, conservando una distancia generosa respecto a los predios colindantes y evitando la interferencia con el sistema BRT y tráfico mixto.
- 4.21 Este corredor vial empalma con la Avenida Caracas en la calle 72, la cual tiene una sección vial V2⁷ con un perfil vial restringido de 40 m, sin embargo presenta un separador central que permite la localización de las pilas para un sistema elevado, reduciendo la afectación al tráfico vehicular; no obstante, genera una cercanía de la estructura a fachadas aumentando el to urbanístico.

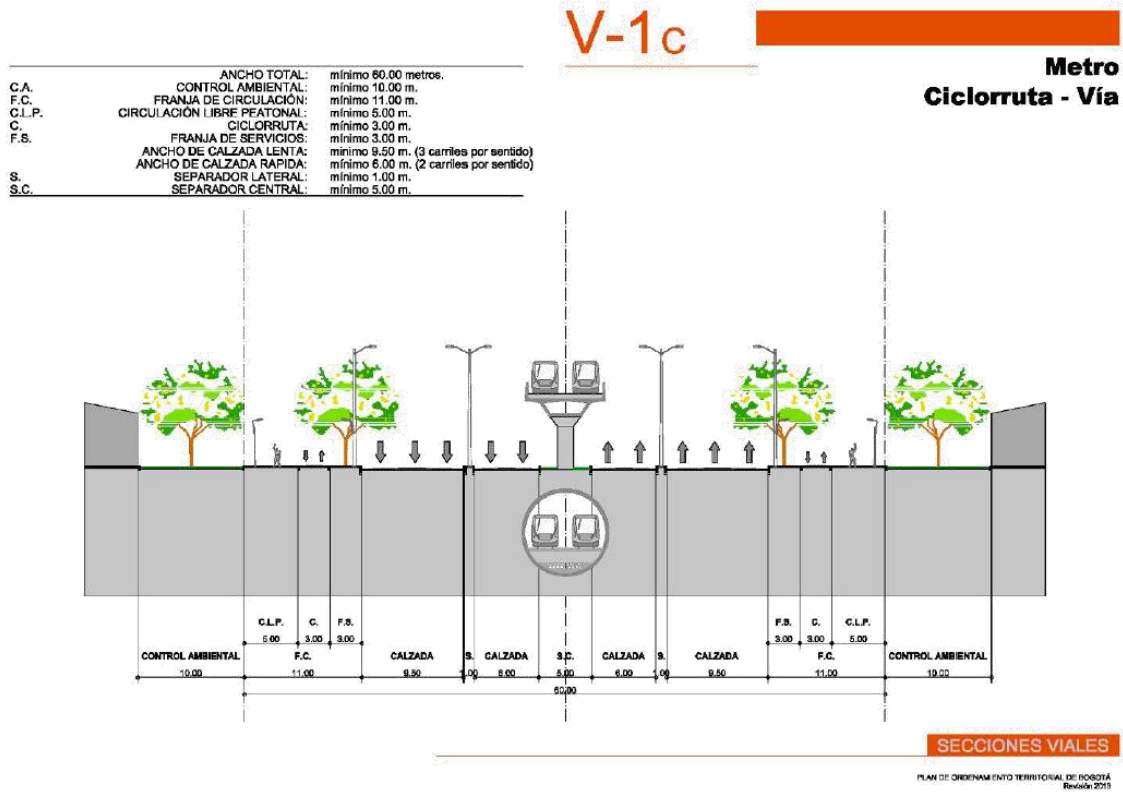
Avenida Calle 80 o Avenida Medellín

- 4.22 La Avenida Calle 80 o Avenida Medellín, recorre la ciudad de oriente a occidente en calzada bidireccional, con una tipología de sección vial V1⁸ según el POT de Bogotá, la cual contempla un ancho de 60 m que permite la inserción del sistema férreo elevado con un grado de dificultad, debido a la infraestructura existente para el BRT; respecto al perfil vial, las tipologías elevadas y subterráneas no presentan dificultad de inserción, considerando que se contempla un separador central de al menos 5.0 m de ancho, conservando una distancia considerable respecto a los predios colindantes y evitando la interferencia con el sistema BRT y tráfico mixto.

7 <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>

8 <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>

Figura 4.5: Sección Vial V1 con sistema metro elevado o subterráneo - POT Bogotá.



Fuente: Anexo 8 – Decreto 190 de 2004

Avenida el Rincón o Cr 91-C/ 127ª

- 4.23 La Avenida el Rincón o Cr 91 en el tramo occidental y Calle 127a en el tramo oriental, está localizada en el nor-occidente de la ciudad y permite la conexión entre la Av. Boyacá y la Avenida Tabor en Suba con una calzada bidireccional, atravesando lo cerros de Suba con fuertes pendientes para los sistemas ferroviarios. Este corredor, está contemplado con una sección vial V1⁹ según el POT de Bogotá, con una sección de 60 m que permite el tránsito de vehículos mixtos, BRT y sistema metro, aunque en la actualidad este corredor vial no lo proyecta. La configuración de esta sección vial permite la inserción del sistema férreo elevado con algunas restricciones, considerando un separador central a lo largo de la calle 127 a, de 3.25m de ancho y a lo largo de la carrera 91 se contempla un separador de 2.0m de ancho, conservando una distancia generosa con respecto a los predios perimetrales, reduciendo el impacto urbanístico, evitando la interferencia con el tráfico mixto.

⁹ <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>

Avenida Tabor o Calle132

- 4.24 La Avenida Tabor o Calle 132, discurre por la ciudad de oriente a occidente en calzada bidireccional y también está contemplada como una vía tipo V1¹⁰, con una sección de 60 m que permite el tránsito de vehículos mixtos, BRT y sistema metro, aunque en las condiciones actuales de la vía no se tiene proyectado. La configuración de esta sección vial permite la inserción del sistema férreo tanto elevado como subterráneo, considerando un separador central de por lo menos 5.0 m de ancho, conservando una distancia generosa con respecto a los predios colindantes y evitando la interferencia con el tráfico mixto, facilitando la conexión de la Av. Ciudad de Cali con la Av. Rincón en el sector de Suba.

Avenida Calle 100 o Avenida España

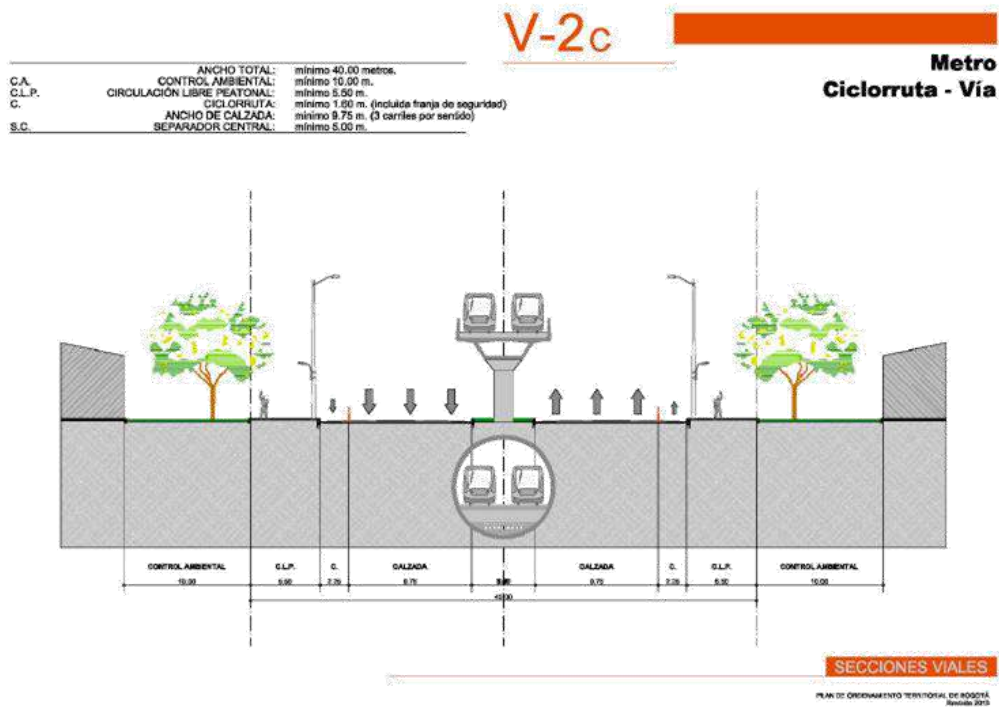
- 4.25 La Avenida Calle 100 o Avenida España, presenta una tipología V1 con un ancho de 60 m permitiendo el tránsito de vehículos mixtos, BRT y sistema metro. La configuración de esta sección vial permite la inserción del sistema férreo tanto elevado como subterráneo, considerando que se contempla un separador central de por lo menos 5.0 m de ancho, conservando una distancia generosa con respecto a los predios colindantes, reduciendo su impacto urbanístico y evitando la interferencia con el sistema BRT y tráfico mixto. Este eje vial, recorre la ciudad de forma radial, conectando los cerros orientales con la Avenida Cr 68 en calzada bidireccional y finalmente conectando con el sur de la ciudad de Bogotá.

Avenida Ciudad de Cali (Entre Cl 63 y Cl 170)

- 4.26 La Av. Ciudad de Cali o Carrera 86 recorre la ciudad de Norte a Sur en calzada bidireccional, permitiendo la conexión con la localidad de Bosa al sur de la ciudad. Según el sistema de movilidad del distrito, las secciones viales correspondientes a este corredor, entre la Av. Longitudinal del sur (Cl 89ª sur) y la Av. de las Manuel Cepeda Vargas (Cl 6), desde esta última hasta la Av. José Celestino Mutis (Cl 63) contempla una sección V1 y de ahí en adelante hasta la Av. San José (Cl 170). Este último tramo será estudiado para el desarrollo de las alternativas de trazado del metro, en el cual el POT de Bogotá contempla un ancho de 40 m que permite el tránsito de vehículos mixtos y sistema metro.
- 4.27 Este perfil vial, genera restricciones importantes para inserción del sistema metro elevado entre la Calle 72 y carrera 91, ya que el separador central presenta un ancho de 0.80m producto de un NewJersey, generando la necesidad de la reconfiguración vial en cerca de 2Km, afectando directamente al vehicular, urbana y predial.

¹⁰ <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>

Figura 4.6: Sección Vial V2 con sistema metro elevado o subterráneo - POT Bogotá.



Fuente: Anexo 8 – Decreto 190 de 2004

Avenida Suba o Transversal 60

- 4.28 La Avenida Suba o Transversal 60 recorre la ciudad de oriente a occidente en calzada bidireccional, permitiendo la conexión entre el corredor de la Calle 80 con la localidad de Suba al nor-occidente de la ciudad, pasando por los cerros de Suba con pendientes elevadas para un sistema férreo. Este corredor, contempla una sección vial V2¹¹ según el POT de Bogotá, con un ancho de 40 m que permite el tránsito de vehículos mixtos, BRT y sistema metro. La configuración de esta sección vial, permite la inserción del sistema férreo tanto elevado como subterráneo, considerando que se contempla un separador central de por lo menos 5.0 m de ancho, conservando una distancia generosa con respecto a los predios colindantes, reduciendo el impacto urbanístico, evitando la interferencia con el tráfico mixto, pero afectando la infraestructura BRT.

Avenida Calle 127 o Avenida Rodrigo Lara Bonilla

- 4.29 La Avenida Calle 127 o Avenida Rodrigo Lara Bonilla conecta la ciudad de oriente a occidente en calzada bidireccional, entre los cerros orientales y la Avenida Boyacá en el sector de Niza. Este corredor contempla sección vial V2¹² según el POT de Bogotá, con una sección de 40 m, que permite el tránsito de vehículos mixtos y sistema metro. La configuración de esta sección vial, permite la inserción del sistema férreo tanto elevado como subterráneo con algunas restricciones,

¹¹ <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>

¹² <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>

considerando que se contempla un separador central de por lo menos 5.0 m de ancho en algunos tramos, pero en otros, el perfil vial ofrece zonas de inserción de 3.0m debido al canal existente, dificultando la inserción de las alternativas elevadas; no obstante, conserva una distancia generosa con respecto a los predios colindantes y evitando la interferencia con el tráfico mixto.

Avenida Calle 72 o Avenida Chile

- 4.30 La Avenida Calle 72 o Avenida Chile conecta la ciudad de oriente a occidente en calzada bidireccional, conectando los cerros orientales con el extremo occidental de la ciudad. Este corredor es contemplado con una sección V3¹³ según el POT de Bogotá, con un ancho de 31 m y un separador central de 1.5 m que en el caso del sistema metro elevado dificulta la construcción de apoyos, sumado a la cercanía del tablero con las fachadas de los predios colindantes, generando una afectación predial elevada, un alto impacto urbanístico y una afectación vehicular importante.
- 4.31 Respecto a la tipología subterránea, no presenta dificultad de inserción, con poco impacto urbanístico, cargado a la construcción de las estaciones de pasajeros.

Canal Rionegro

- 4.32 El canal Rionegro es un cuerpo de agua a cielo abierto que inicia en los cerros orientales, que discurre al occidente de la ciudad y desembocando en el humedal Juan Amarillo. Luego de analizar los anchos a lo largo del canal, se identificó que los puntos más estrechos cuentan con un ancho de 40 m entre predios colindantes y ondulaciones propias de un cuerpo de agua. En estas condiciones, el sistema metro presenta algunas restricciones geométricas, que deberán ser estudiadas más detenidamente en etapas posteriores.
- 4.33 Respecto a las restricciones normativas, este eje no está reglamentado como corredor vial, y se debe reglamentar su uso para el sistema ferroviario.

¹³ <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>

Figura 4.7: Sección Canal Rionegro



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Restricciones normativas marco legal e institucional ambiental

- 4.34 Respecto a la Identificación y análisis del marco normativo para las alternativas planteadas en la Consultoría se hace necesario precisar que todas las alternativas identificadas para análisis se encuentran conceptualizadas como viables desde el componente ambiental. Es decir, aun cuando cuentan con algún tipo de interferencia en su trazado con: La Estructura Ecológica Principal de Bogotá, redes hídricas o con otros elementos ambientales, no fueron descartadas dentro del estudio porque al realizar la investigación del marco legal y normativo, las alternativas planteadas en los diferentes corredores analizados cuentan con mecanismos viable con posibilidad de aplicación.
- 4.35 En consecuencia, para el caso de la Reserva forestal Thomas Van der Hammen que se encuentra categorizada como un área de protección ambiental de orden regional, es preciso indicar que existe el recurso jurídico para el trámite de Evaluación de Viabilidad de Sustracción en Áreas de Reserva Forestal de Orden Regional a través de la Resolución 1526 del 03 de septiembre de 2012 otorgada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible por la cual “ *Se establecen los requisitos y el procedimiento para la sustracción de áreas en las reservas forestales nacionales y regionales, para el desarrollo de actividades de utilidad pública o interés social, se establecen las actividades sometidas a sustracción temporal y se adoptan otras determinaciones*”. En el ANEXO 1 de la resolución antes mencionada se relaciona los términos de referencia para la evaluación de solicitudes de sustracción definitiva de áreas de reserva forestal nacionales y regionales, para el desarrollo de actividades consideradas de utilidad pública o de interés social.
- 4.36 De otra parte, es preciso señalar que en el anexo C, se presenta un “Informe Normativo Ambiental”, en donde se relaciona la normativa internacional, Nacional y Distrital sobre los humedales, lo anterior debido a que algunas de las alternativas planteadas cruzan humedales como se puede observar en el capítulo Componente de impacto ambiental del presente informe.

4.37 Como antecedente se menciona el corredor de la Av. Ciudad de Cali; avenida de gran importancia para la movilidad, la cual cruza un “brazo” el Humedal Juan Amarillo por medio de un puente vehicular, trazado que se está planteando en algunas de las alternativas.

4.38 A continuación, se hace una breve descripción de los principales elementos de la estructura ecológica principal analizados en esta fase del estudio:

Humedal Juan Amarillo

4.39 De acuerdo con el Plan de Manejo Ambiental del Humedal Juan Amarillo este se define como:

“El Humedal Juan Amarillo es un Parque Ecológico Distrital de Humedal (Decreto 190 de 2004) que se ubica al noroccidente de Bogotá entre la transversal 91 por el oriente y la carrera 140 aproximadamente, por el occidente Geográficamente se localiza entre las coordenadas 1°013.500 y 1°016.300 Norte y 995.000 y 998.500 Este (Daphnia, 1995). El mapa de ubicación geográfica del Humedal Juan Amarillo ilustra la localización del humedal a nivel departamental y distrital.

El ancho del humedal varía entre 400 y 700 m, tiene una extensión aproximada de 222.76 ha. – según datos de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB, que lo convierten en el humedal más grande que existe actualmente en la ciudad. Su cota de fondo mínima se encuentra entre 2.569,5 msnm y 2.576 msnm, según los registros altimétricos de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (Conservación Internacional, 2000a).

Este cuerpo de agua es un hidro sistema inmerso en una matriz urbana que presenta un alto grado de intervención y deterioro, propiciado por diversos factores tensionantes. Sin embargo, aún conserva una serie de atributos ambientales (hidrológicos, ecológicos y sociales) de reconocida importancia. Mediante la Resolución 033 de 1991 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, se acota el Humedal Juan Amarillo y el Acuerdo 19 de 1994 del Concejo de Bogotá lo define, juntamente con otros humedales del Distrito Capital, como Reserva Ambiental Natural de Interés Público y Patrimonio Ecológico.

Este humedal forma parte del sistema hídrico del primer nivel de zonificación del borde occidental de la ciudad según lo establece el Acuerdo 26 de 1996. Según esta disposición, las zonas de ronda hidráulica y de manejo y preservación, solo podrán utilizarse para uso forestal.

Por otra parte, mediante el Acuerdo 35 de 1999, se redefinieron la zona de ronda y la zona de manejo y preservación ambiental de este humedal, con lo cual la superficie total protegida, alcanza una extensión de 222.76 ha. Determina igualmente esta norma, que el humedal se incorpora al área urbana del Distrito Capital y ordena la adquisición de los predios que se vean afectados por la nueva delimitación, lo cual se ha venido adelantando por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

En la actualidad el Humedal Juan Amarillo hace parte de la localidad de Suba (hacia el norte) y la localidad de Engativá (hacia el sur). Las UPZ que hacen parte de su área de influencia socioeconómica son el Rincón y Tibabuyes (Suba) y Minuto de Dios y Colsubsidio (Engativá). La información fue extraída del Plan de Manejo Ambiental Humedal Juan Amarillo”. (Convenio de Cooperación Tecnológica Acueducto de Bogotá,)

Figura 4.8: Humedal Juan Amarillo



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía SDA, 2020

Humedal Córdoba

4.40 El Decreto 190 del 2004-POT (Artículo 94) declaró el humedal Córdoba como Parque Ecológico Distrital de Humedal (PEDH) y a través de la Resolución 1504 del 20 de junio de 2008 se adopta el Plan de Manejo Ambiental como instrumento de planificación que orienta las acciones de recuperación del humedal Córdoba.

4.41 En el Plan de Manejo Ambiental del Humedal Córdoba este se describe como:

“El humedal Córdoba se encuentra localizado en la ciudad de Bogotá, en la localidad de Suba, entre las calles 116 y 127 y entre las avenidas Córdoba y Boyacá. Tiene un área de 40.4 Ha (según la Resolución 003 de 1993 de la EAAB y la Política de Humedales del Distrito Capital). En la actualidad se encuentra fragmentado en 3 partes y está conectado con el “Parque Urbano Canal Córdoba” y “Parque Metropolitano Canal de los Molinos”. Se continúa al occidente con el lago del Club Choquenzá, Los Lagartos y el Humedal Tibabuyes, formando el sistema Córdoba – Juan Amarillo.

La parte alta del humedal o sector uno, ubicada de la Calle 127 hacia el norte colinda con los barrios Mónaco, Prado Veraniego sur y el Canódromo, el sector medio o segundo sector humedal ubicado entre la Av. Córdoba y la Av. Suba colinda con los barrios Batán, Potosí, Puente Largo, Santa Rosa y una serie de conjuntos residenciales como Parques de Córdoba y Solis del Restrepo; finalmente la parte baja del humedal o sector tres ubicada entre la Av. Boyacá colinda con el barrio Julio Flórez y Niza sur.

El humedal Córdoba fue clasificado como Parque Ecológico Distrital el humedal mediante el decreto 190 de 2004 (Plan de Ordenamiento territorial), en este mismo decreto se establece el régimen de usos para este ecosistema y se establece que los Planes de Manejo Ambiental de los

Parques Ecológicos Distritales de Humedal serán elaborados por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y sometidos a la consideración y aprobación de la autoridad ambiental competente. La resolución No. 157 e 2004 emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial establece que los Planes de Manejo Ambiental de los humedales prioritarios deben ser formulados por la Autoridad Ambiental competente de acuerdo con las pautas definidas por la Guía Técnica del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en la Resolución 196 de 2006. La información fue extraída del Plan de Manejo Ambiental Humedal Córdoba” (Universidad Nacional de Colombia (2007).)

Figura 4.9: Humedal Córdoba



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía SDA, 2020

Humedal La Conejera

4.42 El Decreto 190 del 2004-POT (Artículo 94) declaró el humedal La Conejera como Parque Ecológico Distrital de Humedal (PEDH) y a través de la Resolución 69 de 2015 (SDA) se aprueba el Plan de Manejo Ambiental del Parque Ecológico Distrital de Humedal La Conejera.

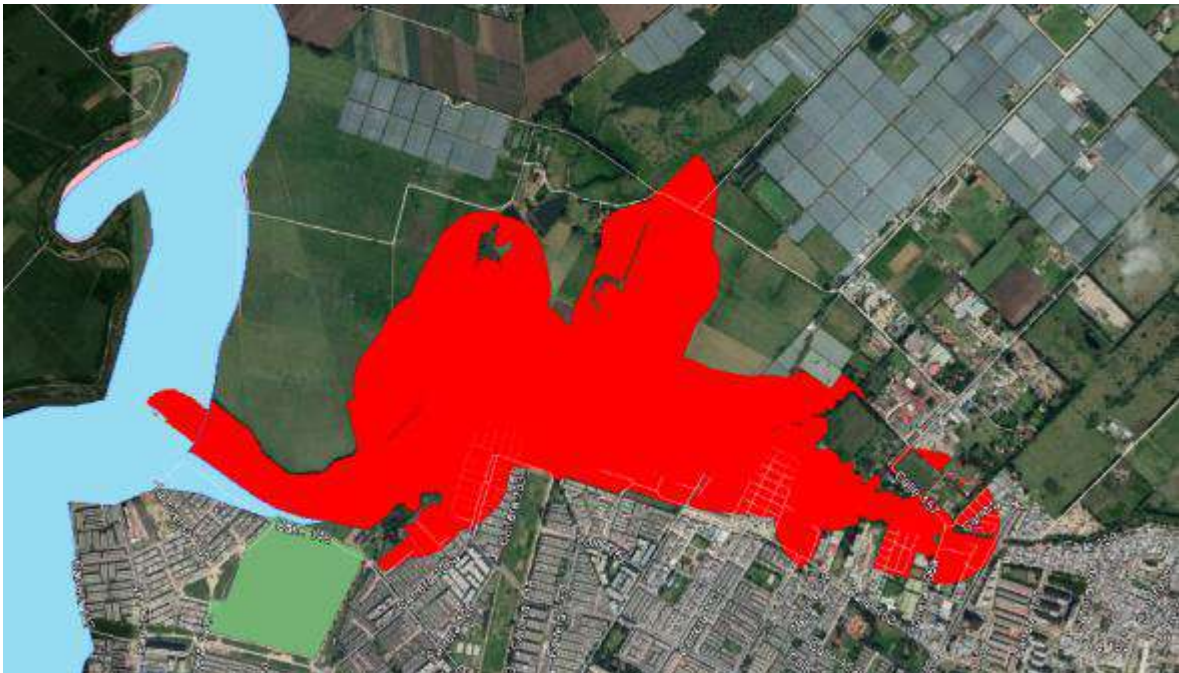
4.43 En el Plan de Manejo Ambiental del Humedal La Conejera se describe como:

“El Humedal La Conejera está ubicado entre los 4º 45’ latitud norte y 74º 6’ longitud oeste en la Sabana de Bogotá a una altura promedio de 2542 msnm. Domina las terrazas bajas de la altiplanicie que se extienden hacia el norte y noroccidente de la Sabana hasta llegar a las vegas del Río Bogotá. Por el oriente limita con la vía Suba – Clínica Corpas, por el occidente con el Río Bogotá, por el norte con la Hacienda Las Mercedes, el Seminario Luis Amigó y la finca Berice; por el sur con la Hacienda Fontanar del Río y al sur occidente y el borde urbano de Bogotá con los barrios Cedros de Suba, Hato Chico, Compartir, Camino Verde de Suba, Los Arrayanes, Londres, Urbanización Las Mercedes, Las Acacias, entre otros.

La cuenca tributaria del Humedal La Conejera se ubica en la margen izquierda del Río Bogotá en el área comprendida entre Suba y Cota. Limita por el norte con la vía Suba-Cota, área con baja proporción de zonas duras que permiten mayor aporte por infiltración freática (FHLC, 2004), por el oriente con los Cerros de Suba, principalmente con el Cerro La Conejera, que recarga los acuíferos subterráneos a través de los afloramientos de arenisca de la formación Guadalupe, por el sur con la cuenca tributaria del Río Juan Amarillo la cual está demarcada por el límite del perímetro urbano y constituida por un área de recepción hídrica de escorrentía directa y por el occidente con el Río Bogotá y áreas de primer orden aferentes a éste. Se aclara que la zona cercana al Río Bogotá se encuentra estructuralmente conectada al Humedal La Conejera, pero no se encuentra declarada dentro del límite legal de este ecosistema, por lo tanto, es considerada como zona de influencia directa (Deeb Asociados, 1995).

El humedal presenta una extensión aproximada de 58.89 Hectáreas (Ha.) según resolución N° 250 de 1995 de la EAAB, incluida el Área Forestal Protectora – AFP (franja paralela a ronda hidráulica) o Zona de Manejo y Preservación Ambiental – ZMPA. La información fue extraída del Plan de Manejo Ambiental Humedal La Conejera”. (Acueducto de Bogotá & Fundación Humedal La Conejera. (2014).)

Figura 4.10: Humedal La Conejera



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía SDA, 2020

Humedal Santa María del Lago

4.44 En el Plan de Manejo Ambiental del Humedal Santa María del Lago se describe como:

“El Parque Ecológico Distrital de Humedal Santa María del Lago está localizado al noroccidente de la ciudad dentro de la localidad de Engativá, entre coordenadas 1’010.600 - 1’011.150 Norte y 997.800 - 998.400 Sur, extendiéndose en dirección suroeste - noreste. Limita por el norte con el

Conjunto Residencial de San Francisco; hacia el oriente con las Carreras 74 y 73 A y el Conjunto Residencial Sago, por el occidente con la carrera 76 y por el sur con la calle 75.

El Parque Ecológico Distrital de Humedal Santa María del Lago posee una extensión de 10.8 hectáreas, dentro de la cual el espejo de agua ocupa un área de 5.64 hectáreas. Fue declarado Parque Ecológico Distrital de Humedal mediante el Decreto 619 de 2000 (POT Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2000).

Pertenece a la cuenca hidrográfica del río Juan Amarillo o Salitre, este río nace en los cerros orientales con el nombre de quebrada arzobispo y a partir de la Avenida Circunvalar se transforma en un canal abierto denominado Salitre y posteriormente, a partir de la Avenida 68 hacia el occidente, Juan Amarillo. En su recorrido recibe el aporte de numerosos afluentes como las quebradas Las Delicias, Río Negro, los Molinos y el Chicó.

Dentro de la cuenca del río Juan Amarillo o Salitre, el Humedal Santa María del Lago, conformaba una pequeña microcuenca cuya función era regular las crecientes de los cauces menores que llegaban al mismo, para posteriormente entregar su aporte hídrico al Río Juan Amarillo (Universidad Nacional de Colombia, 2008). Como consecuencia del urbanismo generado a sus alrededores, actualmente el humedal está aislado del Río Juan Amarillo.

El área de influencia del humedal tiene como acceso y vías principales la Calle 80, la Avenida Boyacá y la Avenida Calle 68; mientras que como vías secundarias tiene las Carreras 74, 73 A y la 76, así como la Calle 75. La información fue extraída del Plan de Manejo Ambiental Humedal Santa María del Lago". (Secretaría Distrital de Ambiente. (2009).)

Figura 4.11: Humedal Santa María del Lago



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía SDA, 2020

Reserva Thomas Van Der Hammen

- 4.45 El 23 de septiembre de 2014, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, adoptó el Plan de Manejo Ambiental de la Reserva por medio del Acuerdo 21 de 2014, el cual contiene un régimen de zonificación y clasificado así

- zona de preservación,
- zona de restauración,
- zona de protección al paisaje,
- zona de uso sostenible; y establece unos lineamientos para la realización de cierto tipo de actividades.

4.46 De igual forma determina el uso del suelo así:

- uso principal,
- uso complementario,
- uso condicionado,
- uso prohibido.

4.47 En el Plan de Manejo Ambiental de Reserva Forestal Thomas Van De Hammen se describe:

“La Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. Thomas Van Der Hammen declarada por el Acuerdo 011 de 2011 de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, se localiza al noroccidente de la ciudad de Bogotá, en la Sabana de Bogotá, centro geográfico de Colombia, sobre el flanco occidental de la Cordillera Oriental, parte sur del Altiplano Cundiboyacense, entre los 2.550 y 2.560 msnm.

El área de la reserva se enmarca en elementos de la Estructura Ecológica Principal del Distrito Capital y la Región, como son: la Zona de Manejo y Preservación Ambiental del río Bogotá y el Parque Ecológico Distrital Humedal de La Conejera en su sector Sur occidental; el Parque Ecológico Distrital Cerro de La Conejera incluyendo Parque Ecológico Distrital de Montaña Cerro de La Conejera al Sureste; el Parque Ecológico Distrital Humedales de Torca y Guaymaral por el Noreste, y la reserva forestal protectora Bosque Oriental de Bogotá por el Este; y constituyen con los demás accidentes orográficos de la Altiplanicie Cundiboyacense, una unidad biogeográfica en el ámbito regional y una bioregión homogénea muy particular de la Cordillera Oriental incrustada en el norte de los Andes, que alberga en su conjunto una flora y fauna características.

La reserva forestal se localiza en terrenos rurales de las localidades de Suba y Usaquén del Distrito Capital, con un área total de 1.395,16 hectáreas, las coordenadas se acogen en lo establecido en las Resoluciones 475 y 621 de 2000, expedidas por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. La totalidad del área de la reserva se localiza en el Distrito Capital, mayoritariamente en jurisdicción de la localidad de Suba (95,46%) y en menor proporción (3,27%), en la de Usaquén.

El efecto ambiental que tiene la reserva a nivel Distrital es conectar físicamente el humedal La Conejera, la ZMPA del río Bogotá, el cerro de La Conejera, el humedal de Guaymaral y los Cerros Orientales”. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2014).)

Figura 4.12: Reserva Thomas Van Der Hammen



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía SDA, 2020

Zona de protección río Bogotá

- 4.48 A través de la Resolución 0957 del 02 de abril de 2019 (CAR) se aprobó el ajuste y actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá y se dictan otras disposiciones. La Zona de Manejo y Preservación Ambiental del Río Bogotá fue establecida a través de la Resolución CAR 0497 del 21 de febrero de 2019 y del Decreto 190 de 2004 (POT Bogotá), la ronda hidráulica del río Bogotá fue establecida por los Acuerdos CAR 17 de 2009 y 30 de 2009.
- 4.49 En el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá se describe la cuenca del río como:

“La cuenca del río Bogotá está ubicada en la parte central del país, situada dentro del departamento de Cundinamarca e integrada por 45 municipios y el Distrito Capital. De estos 45 municipios, 41 tienen sus cascos urbanos en el área de la cuenca.

El sistema hídrico del río Bogotá está clasificado como cuenca de segundo orden, tiene un área de drenaje de 5886 km², riega el departamento de Cundinamarca en sentido noreste-sureste, desde su nacimiento al nororiente del municipio de Villapinzón a 3300 msnm hasta su desembocadura en el río Magdalena a la altura del municipio de Girardot a 280 msnm. (POMCA, río Bogotá).

Las actividades económicas que se desarrollan en la cuenca equivalen aproximadamente al 26% del total a nivel nacional, destacándose la producción agrícola con cultivos de papa, hortalizas, caña, café, frutales, plátano; actividades pecuarias e industriales, como el procesamiento de cuero”. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca & Consorcio HUITACA. (2019).)

Figura 4.13: Zona de protección río Bogotá



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía SDA, 2020

- 4.50 Por consiguiente y con la finalidad de darle continuidad a la evolución de los indicadores ambientales dentro del proceso de análisis de la presente Consultoría, en la fase 2 se continuará desarrollando el componente de Afectación Ambiental, contemplando además de la identificación de los Impactos en la Dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua y del Impacto a la Estructura Ecológica Principal, se analizará la Geomorfología del terreno (Zonas Verdes Endurecidas), la Biodiversidad y conectividad ecológica estructural y funcional y por último, el Ruido urbano.

POT - Plan de Ordenamiento Territorial Vigente de Bogotá 2008

Tipología de conexión con la PLMB-T1

- 4.51 Tal como se indica en el documento TCC es importante incorporar en la construcción de las alternativas la tipología de conexión con la PLMB-T1. Por lo anterior, de los 8 grupos de trazados homogéneos (a partir de las 18 alternativas) definidos en el capítulo anterior se incorporó una variable adicional que incluye aspectos de tipo de operación y conexión, es decir si es una extensión de la PLMB-T1 o una línea 2 independiente.
- 4.52 En el siguiente capítulo se describe en cada una de las alternativas, las consideraciones tenidas en cuenta para la escogencia del tipo de conexión.

Tipología de línea

- 4.53 Para la definición de la tipología de línea (elevada, subterránea y a nivel) se adelantó una identificación preliminar de posibles restricciones urbanas, prediales y ambientales.
- 4.54 Las alternativas propuestas parten y están acorde con el alcance físico y funcional definidas en las obligaciones y especificaciones establecidas en el Contrato de Concesión No.163 de 2019, es decir

las especificaciones de la primera línea de metro. Teniendo en cuenta las restricciones normativas, ambientales, prediales o urbanas se determinó la mejor opción según la alternativa (subterránea, elevada o a nivel). Por ejemplo, las alternativas que pasan por el Humedal Juan Amarillo y en la alternativa de la Calle 72, donde no existe suficiente espacio disponible para implementar una línea elevada.

Disponibilidad de patio - taller

- 4.55 A partir de una revisión cartográfica se identificaron posibles predios potenciales para ser usados como patio taller del proyecto de expansión priorizado. Se identificaron las siguientes alternativas, cuyas localizaciones se observan a continuación:

Figura 4.14 Alternativas patio taller



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

- 4.56 Polígono en el Municipio de Cota: La alternativa se ubica en el municipio de Cota, al occidente de la prolongación de la calle 145 cruzando el Río Bogotá, presenta ventajas en cuanto al área disponible ya que al ser en la actualidad una zona de uso rural y no urbanizada, se podría llevar a cabo la inserción del Patio Taller con las dimensiones y geometría ideales para su desarrollo. Así mismo, el predio tiene como ventaja que la afectación predial no es sobre edificaciones o manzanas construidas. Este predio se encuentra a 2.7km del Portal de Suba (intersección entre la Calle 145 y la Avenida Ciudad de Cali), por lo que favorecería la localización de una o dos estaciones adicionales desde dicho punto. Como desventaja se encuentra que, para la localización del Patio Taller en este predio, se deberá llevar a cabo la gestión administrativa y normativa correspondiente con el municipio de Cota, a partir de la revisión y posible modificación del PBOT, y de la misma manera con la CAR, ya que es contiguo a la ronda del Río Bogotá. Así mismo, se deberán tener en cuenta posibles adecuaciones del terreno, teniendo en cuenta posibles riesgos de inundación. Desde el punto de vista de la geometría del trazado y como conexión técnica, no tiene mayores problemas y no genera afectación predial para conexión del trazado con el Patio Taller.

- 4.57 Polígono en el norte del humedal La Conejera. La alternativa se localiza al norte de la prolongación de la reserva de la ALO (en este punto, Carrera 133) cruzando el Humedal de La Conejera, se ubica en la Reserva Forestal Thomas van der Hammen. al igual que en la alternativa anterior, presenta ventajas en cuanto al área disponible ya que al ser en la actualidad una zona de uso rural y no urbanizada, se podría llevar a cabo la inserción del Patio Taller con las dimensiones y geometría ideales para su desarrollo. Este predio se encuentra a 2.5km del Portal de Suba (intersección entre la Calle 145 y la Avenida Ciudad de Cali), por lo que favorecería la localización de una o dos estaciones adicionales desde dicho punto. Como desventaja se encuentra que para la localización del Patio Taller en este predio sería necesario llevar a cabo las gestiones requeridas ante las entidades ambientales, por estar localizado dentro de la reserva y los cruces de dos (2) humedales. Desde el punto de vista de la geometría del trazado y como conexión técnica, esta alternativa requeriría llevar el trazado hasta la intersección de la Calle 145 y la reserva de la ALO, y a partir de este punto, hacer uso del corredor de la reserva de la ALO para acceder al predio.
- 4.58 Polígono en la Reserva van der Hammen. Esta alternativa está localizada al norte de la prolongación de la Avenida Ciudad de Cali, en el límite entre la zona urbanizada de la ciudad, y el inicio de la Reserva Thomás van der Hammen a un costado de la prolongación de dicha avenida al norte. Al igual que en la alternativa anterior, presenta ventajas en cuanto al área disponible ya que al ser en la actualidad una zona de uso rural y no urbanizada, se podría llevar a cabo la inserción del Patio Taller con las dimensiones y geometría ideales para su desarrollo. Esta alternativa se encuentra a 1.6km del Portal de Suba (intersección entre la Calle 145 y la Avenida Ciudad de Cali), por lo que favorecería la localización de una estación adicional desde dicho punto. Como desventaja se encuentra que para la localización del Patio Taller en este predio sería necesario llevar a cabo las gestiones requeridas ante las entidades ambientales, por estar localizado dentro de la reserva. Desde el punto de vista de la geometría del trazado y como conexión técnica, esta alternativa no presenta mayores complicaciones.

En las fases siguientes del estudio, se ampliará el análisis en detalle de las alternativas para la selección del Patio Taller, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Área del predio según la alternativa seleccionada
- Viabilidad operacional
- Viabilidad Ambiental
- Costo
- Riesgo predial
- Viabilidad normativa y tiempo de trámites
- Aspecto Urbano-Paisajístico

Potencial de integración con otros modos de transporte masivo

- 4.59 En esta etapa de identificación de alternativas, principalmente en la definición del trazado se identificaron las troncales del sistema de transporte masivo con las podría conectarse la alternativa identificada.

4.60 En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los puntos de integración con corredores actuales y futuros, definidos para las diferentes prospectivas analizadas en el desarrollo de la actividad 2 de la Fase 1. En la siguiente tabla se muestran los corredores de transporte masivo actuales y futuros, definidos en las ofertas de cada prospectiva con las cuáles tendría posibilidad de conexión para cada uno de los trazados que recogen las 18 alternativas de esta etapa

Tabla 4.5: Posibilidad de conexión de corredores analizados con corredores de transporte público actuales y futuros

Corredor	Troncales Actuales	Oferta 1	Oferta 2	Oferta 3
Calle 72 - Av. Cali	Caracas NQS Av. Suba	Av. 68	Av. Boyacá Av. Cali	
Calle 80 - Av. Cali	CI 80 Av. Suba	Av. 68	Av. Boyacá Av. Cali	
Calle 80 - Av. Rincón Av. Cali	CI 80 Av. Suba	Av. 68	Av. Boyacá AV. Cali	
Calle 80 - ALO	CI 80	Av. 68	Av. Boyacá Av. Cali ALO	
Canal Rionegro - Av. Cali	Autonorte NQS Av. Suba	Av. 68 Corredor férreo Norte	Av. Boyacá Av. Cali	
Autonorte - Calle 100 - Av. 68 - Calle 80 - Av. Ciudad de Cali	Autonorte Calle 80 NQS Av. Suba	Av. 68 Corredor férreo Norte	Av. Boyacá Av. Cali	
Calle 127 - Av. Cali	Autonorte Av. Suba	Corredor férreo Norte		Calle 127

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.61 El trazado de la Calle 100 – Av. 68 - Calle 80 – Avenida Cali, es el corredor que para todas las prospectivas aumenta la probabilidad de conexión de la red, dado que se superpone con cerca de 3 corredores de transporte público actual y/o futuro y se cruza con al menos otros dos corredores. El trazado de la Calle 80 – ALO, dado que se localiza en el borde más occidental de la ciudad, zona sin desarrollar, presenta la menor posibilidad de conexión con la red actual y futura. No obstante, lo anterior, es importante validar con la evaluación a través de la batería de indicadores su conveniencia.

4.62 Este primer ejercicio pretende mostrar que los 8 trazados predelimitados facilitan la conectividad de la red en mayor o menor medida y es posible que se maximicen los beneficios sociales por mejoras en transporte, situación que será incorporada en la evaluación de comparación de alternativas.

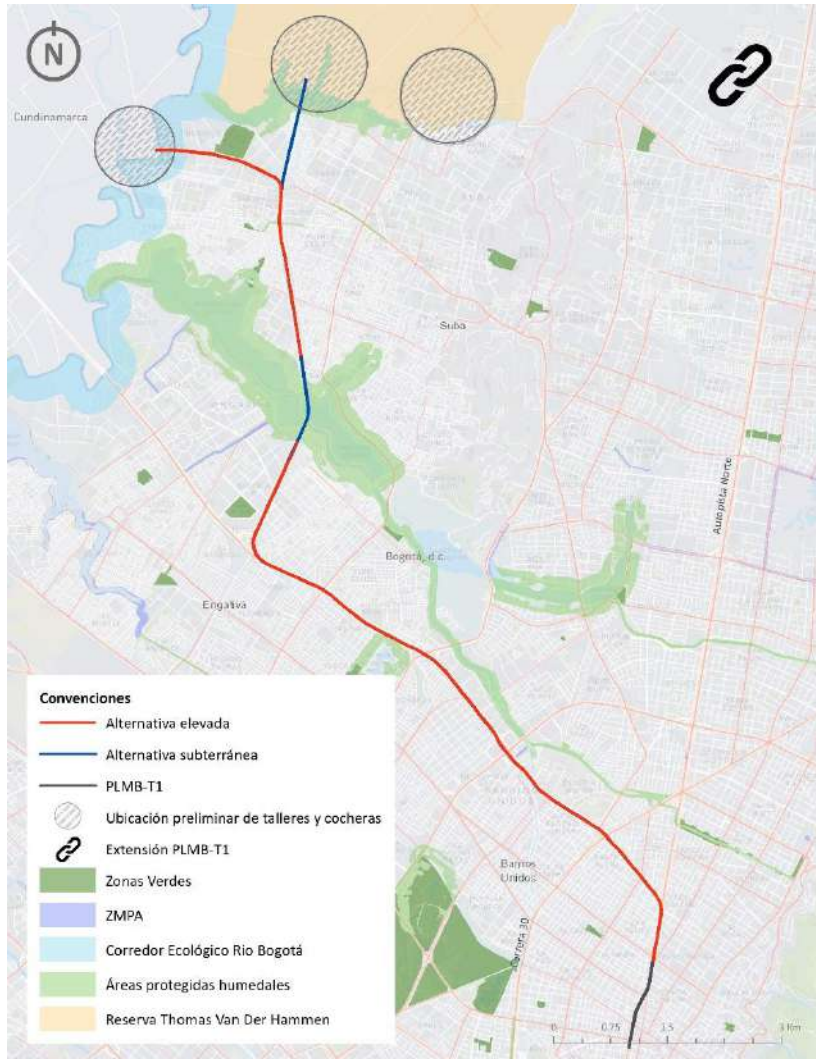
Identificación y caracterización de alternativas

- 4.63 Contemplando el POT de Bogotá Vigente, los corredores cuya tipología contemplan el tránsito del sistema férreo son V0, V1 y V2, no obstante, se analizan algunas alternativas en corredores con tipología V3 e inclusive sobre corredores ambientales como lo son el canal Río Negro.

Alternativa A - Calle 80 / ALO

- 4.64 La alternativa A inicia en la Av. Caracas con la Calle 72, discurre por la Calle 80 al occidente pasando en cercanías del humedal Santa María del Lago a la altura de la Av. Boyacá y empalma con la ALO, avanzando hacia el norte por esta vía cruzando el humedal Juan Amarillo en una franja de aproximadamente 500m y finaliza en predios que pertenecen al municipio de Cota pasando sobre el río Bogotá y su zona de protección ambiental, con una segunda alternativa de finalización que consiste en continuar por la ALO al norte pasando por el Humedal La Conejera y terminando en la zona de la reserva Ambiental Thomas Van Der Hammen.
- 4.65 El trazado en general no presenta pendientes elevadas permitiendo una fácil implantación vertical del proyecto, pero si se logra identificar restricciones geométricas en los puentes de la Avenida calle 80 con NQS, Av. 68 y Av. Boyacá, generando afectación predial en la zona contigua al puente.
- 4.66 No obstante, el corredor férreo discurre por el Humedal Juan Amarillo, generando una afectación directa sobre el ecosistema, ya que a la fecha el eje vial de la ALO no está construido y el desarrollo de este eje para la expansión de la PLMB genera un impacto importante sobre el humedal el cual se encuentra en el Sistema de Áreas Protegidas a nivel nacional y distrital.
- 4.67 Esta alternativa, se contempla como una extensión de la línea 1 permitiendo la integración operacional y se plantea con una tipología metro elevada en la mayoría de su recorrido, menos en su paso por el humedal Juan Amarillo y de manera opcional, de forma subterránea el tramo entre la extensión de la Av. Suba y la reserva Thomas Van Der Hammen, si se opta por localizar los talleres y cocheras en predios de Bogotá.

Figura 4.15 Alternativa A- Calle 80/ALO



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.68 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.6: Alternativa A- Calle 80/ALO

Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	Elevada	15.20	13.70	1.50	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

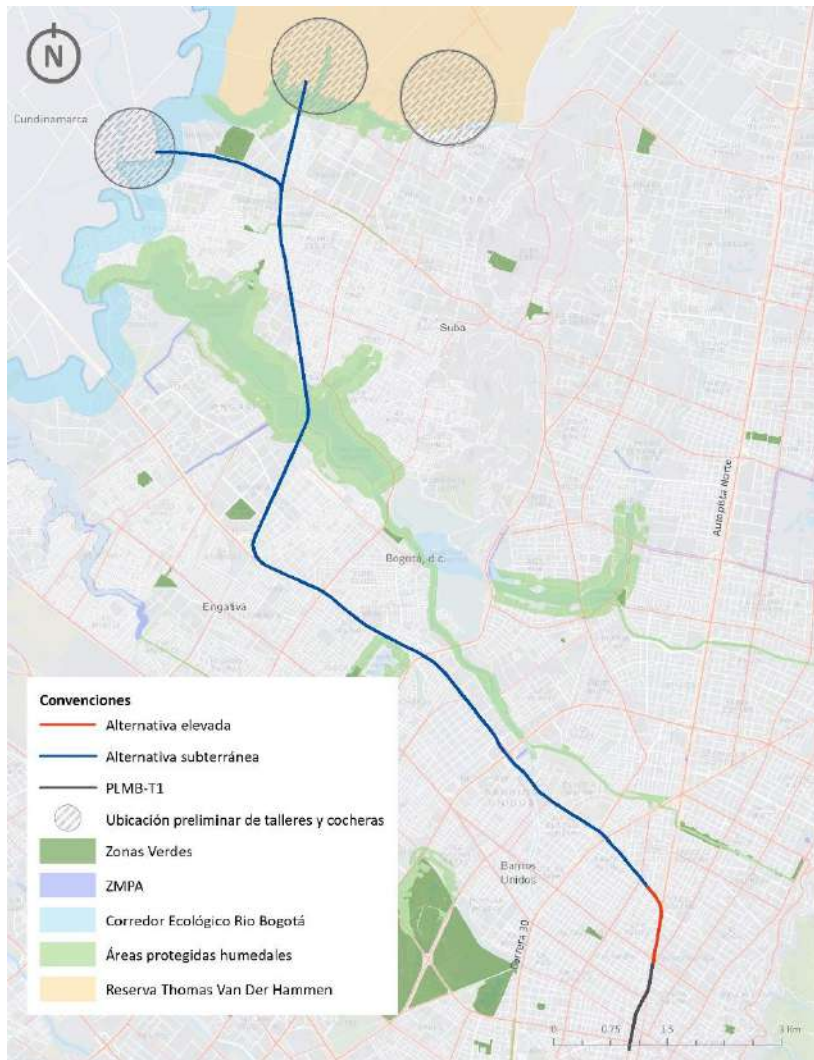
Alternativa B - Calle 80 / ALO

4.69 La alternativa B discurre por los mismos ejes de la alternativa A y las mismas interferencias con el sistema ecológico de la ciudad, con la diferencia que se contempla una tipología subterránea a lo

largo de la Calle 80 y la ALO; en el tramo sobre la Av. Caracas entre la calle 72 y la calle 80, el trazado se proyecta elevado para conservar la compatibilidad con la PLMB y evitar afectaciones importantes a la infraestructura existente sobre este corredor. El punto de terminación está localizado en predios del Municipio de Cota y de manera opcional en predios de Bogotá en la reserva Thomas Van Der Hammen.

4.70 Esta alternativa no se contempla integrada operacionalmente a la línea 1, no obstante, es posible contar con una conexión operacional mediante una vía, contemplando el aprovechamiento las instalaciones de los talleres y cocheras de la línea 1.

Figura 4.16: Alternativa B - Calle 80/ALO



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.71 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.7: Alternativa B - Calle 80/ALO

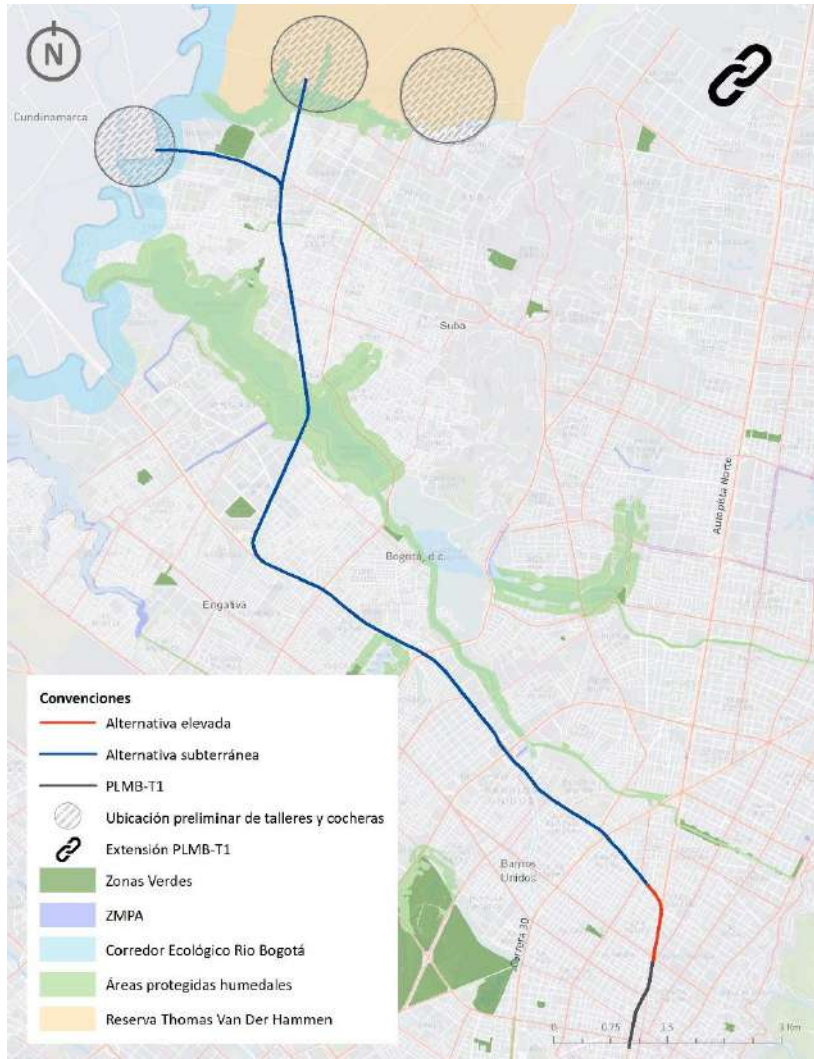
Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Calle 80 - ALO	Línea independiente	Subterránea	14.69	1.07	13.62	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa C - Calle 80 / ALO

- 4.72 La alternativa C presenta las mismas características de la alternativa B, salvo que este trazado se contempla como una extensión de la línea 1 y por tal razón se analizará una integración operacional entre la línea existente y el trazado propuesto sobre la calle 80, y el tramo de la Av. Caracas entre la calle 72 y la calle 80 se proyecta elevado para conservar la compatibilidad con la PLMB y evitar afectaciones importantes a la infraestructura existente sobre este corredor.
- 4.73 Igualmente, esta alternativa se encuentra avanzando hacia el norte por esta vía cruzando el humedal Juan Amarillo en una franja de aproximadamente 500m y finaliza en predios que pertenecen al municipio de Cota pasando sobre el río Bogotá y su zona de protección ambiental, con una segunda alternativa de finalización que consiste en continuar por la ALO al norte pasando por el Humedal La Conejera y terminando en la zona de la reserva Ambiental Thomas Van Der Hammen.

Figura 4.17: Alternativa C - Calle 80/ALO



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.74 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.8: Alternativa C - Calle 80/ALO

Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	Subterránea	14.69	1.07	13.62	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

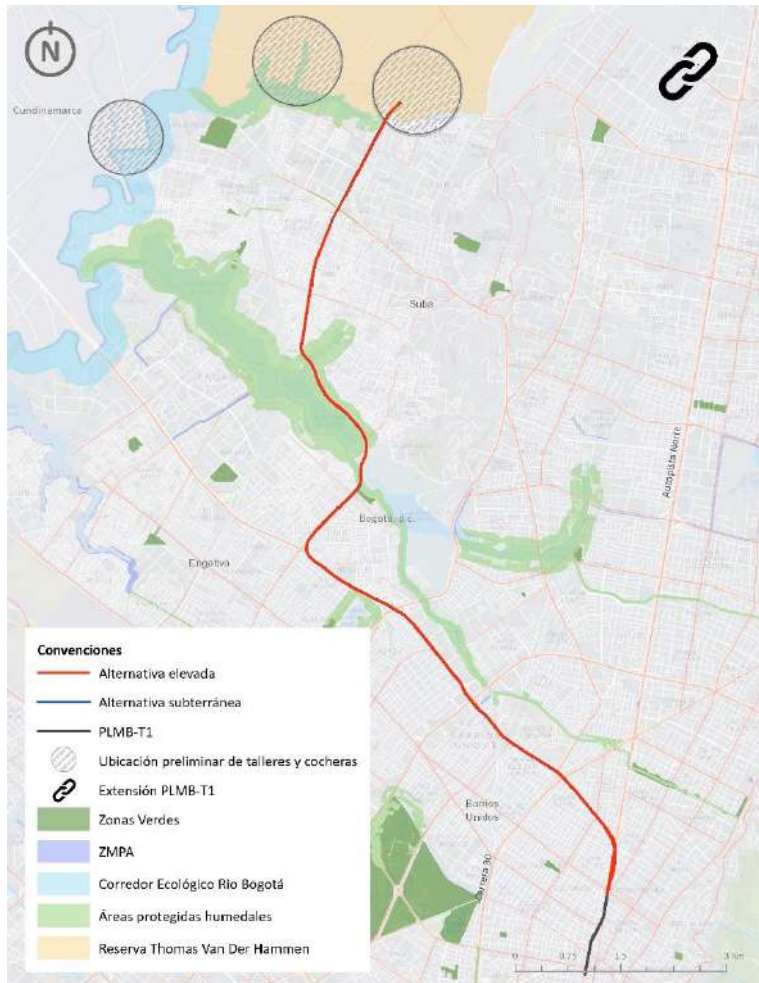
Alternativa D - Calle 80/Av. Ciudad de Cali

4.75 La alternativa D inicia en la Av. Caracas con la Calle 72, discurre por la Calle 80 al occidente pasando en cercanías del humedal Santa María del Lago a la altura de la Av. Boyacá y empalma

con la Av. Ciudad de Cali, avanzando hacia el norte por este corredor, cruzando el humedal Juan Amarillo por el mismo eje vial ya construido y finalizando en predios localizados en el distrito capital, en la zona de la reserva Thomas Van Der Hammen.

- 4.76 El trazado en general no presenta pendientes elevadas permitiendo una fácil implantación vertical del proyecto, pero si se logra identificar restricciones geométricas en los puentes de la Avenida calle 80 con NQS, Av. 68 y Av. Boyacá, generando afectación predial en la zona contigua al puente, al igual que en el empalme entre la Cl 80 y la Av. Ciudad de Cali, por efecto del empalme entre los corredores viales.
- 4.77 Aunque, el corredor férreo discurre por el Humedal Juan Amarillo, no genera una gran afectación al sistema ecológico de la ciudad, ya que el eje vial de la Av. Cali ya se encuentra construido y el trazado de estudio para la expansión de la PLMB contempla usar el mismo eje.
- 4.78 Esta alternativa, operacionalmente se contempla como una extensión de la línea 1 y está concebida con tipología elevada en la mayoría de su recorrido, menos en el tramo entre la Av. Suba y la reserva Thomas Van Der Hammen.

Figura 4.18: Alternativa D - Calle 80/Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.79 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.9: Alternativa D - Calle 80/Av. Ciudad de Cali

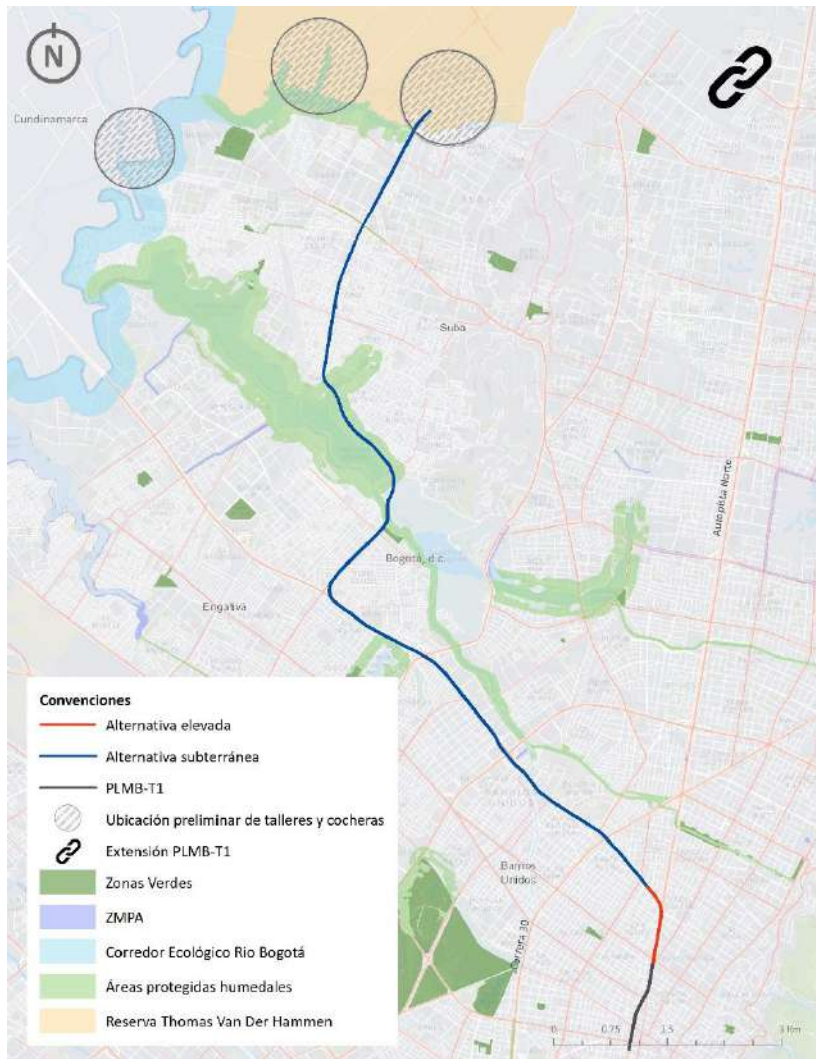
Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Elevada	13.97	12.53	1.44	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa E - Calle 80/Av. Ciudad de Cali

- 4.80 La alternativa E discurre por los mismos ejes de la alternativa D y las mismas interferencias con el sistema ecológico de la ciudad (Es decir, inicia en la Av. Caracas con la Calle 72, discurre por la Calle 80 al occidente pasando en cercanías del humedal Santa María del Lago a la altura de la Av. Boyacá y empalma con la Av. Ciudad de Cali, avanzando hacia el norte por este corredor, cruzando el humedal Juan Amarillo por el mismo eje vial ya construido y finalizando en predios localizados en el distrito capital, en la zona de la reserva Thomas Van Der Hammen), con la diferencia que se contempla una tipología subterránea a lo largo de la Calle 80 y la Av. Ciudad de Cali; por tal razón se analizará una integración operacional entre la línea existente y el trazado propuesto sobre la calle 80, y el tramo de la Av. Caracas entre la calle 72 y la calle 80 el trazado se proyecta elevado para conservar la compatibilidad con la PLMB y evitar afectaciones importantes a la infraestructura existente sobre este corredor. El punto de terminación está localizado en predios de Bogotá, en la reserva Thomas Van Der Hammen.
- 4.81 Esta alternativa se contempla integrada operacionalmente a la línea 1, lo cual permite aprovechar la infraestructura diseñada de talleres y cocheras de la primera línea.

Figura 4.19: Alternativa E - Calle 80/Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.82 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.10: Alternativa E- Calle 80/Av. Ciudad de Cali

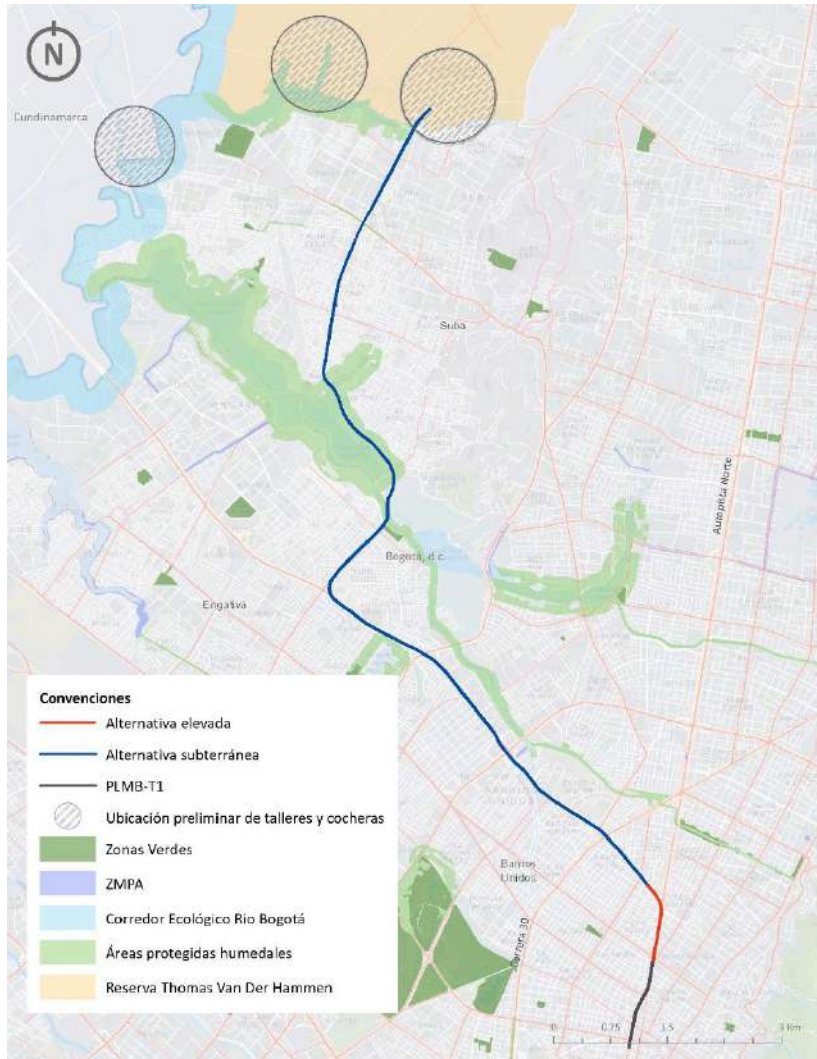
Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Subterránea	14.03	1.07	12.96	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa F - Calle 80/Av. Ciudad de Cali

- 4.83 La alternativa F presenta las mismas características de la alternativa E, salvo que este trazado se contempla como una línea independiente de la línea 1; por tal razón se analizará una integración operacional entre la línea existente y el trazado propuesto sobre la calle 80, y el tramo de la Av. Caracas entre la calle 72 y la calle 80 el trazado se proyecta elevado para conservar la compatibilidad con la PLMB y evitar afectaciones importantes a la infraestructura existente sobre este corredor. No obstante, se analizará una opción de integración por medio de una vía con el fin de aprovechar la infraestructura diseñada en el tramo inicial.

Figura 4.20: Alternativa F - Calle 80/Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.84 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.11: Alternativa F - Calle 80/Av. Ciudad de Cali

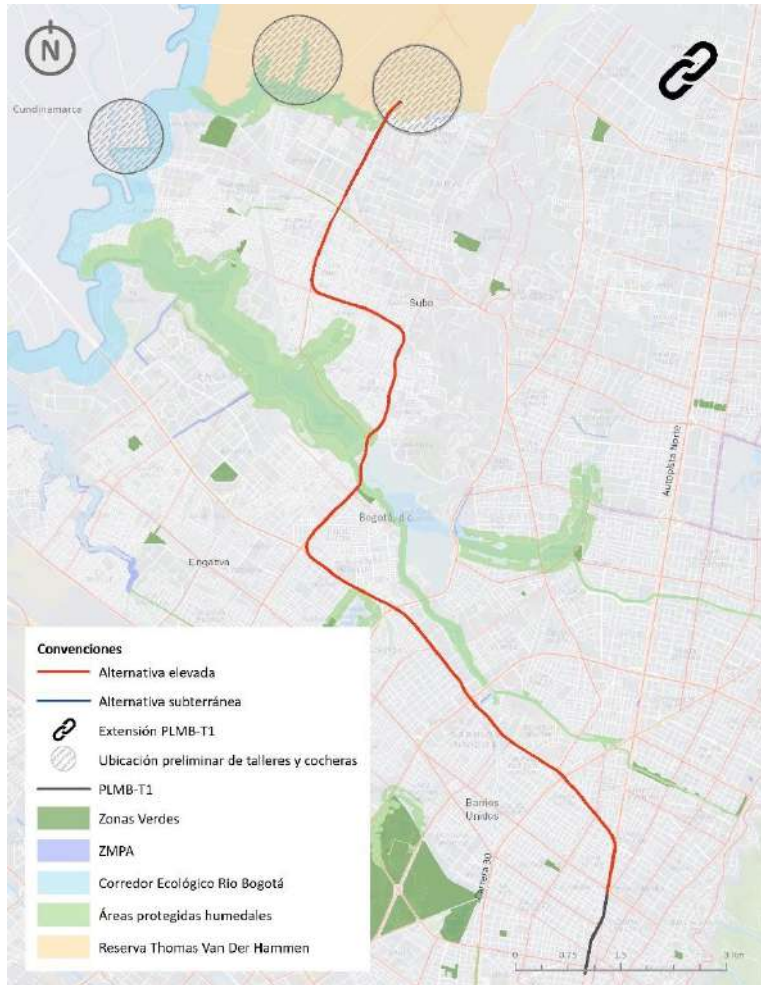
Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea	14.03	1.07	12.96	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa G - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali

- 4.85 La alternativa G inicia en la Av. Caracas con la Calle 72, discurre por la Calle 80 al occidente pasando en cercanías del humedal Santa María del Lago a la altura de la Av. Boyacá y empalma con la Av. Ciudad de Cali, avanzando hacia el norte hasta el encuentro de la Carrera 91 o Av. Rincón, donde continúa al norte hasta alcanzar la Av. Tabor o Calle 132 y finalmente conectando de nuevo la Av. Ciudad de Cali y terminando el recorrido en predios localizados en el distrito capital, en la zona de la reserva Thomas Van Der Hammen..
- 4.86 Se evidencian pendientes bajas en todo el trazado, permitiendo una fácil implantación vertical del proyecto, pero se identifican restricciones geométricas en los puentes de la Avenida calle 80 con NQS, Av. 68 y Av. Boyacá, generando afectación predial en la zona contigua al puente, al igual que en el empalme entre la Cl 80 y la Av. Ciudad de Cali, por efecto del empalme entre los corredores viales.
- 4.87 El eje señalado, no genera una gran afectación al sistema ecológico de la ciudad con excepción de la interferencia en el nodo de finalización en la Reserva Thomas Van Der Hammen.
- 4.88 Esta alternativa, operacionalmente se contempla como una extensión de la línea 1 y está concebida con una tipología metro elevada en la mayoría de su recorrido, menos en el tramo entre la Av. Suba y la reserva Thomas Van Der Hammen.

Figura 4.21: Alt G - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.89 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.12: Alternativa G - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali

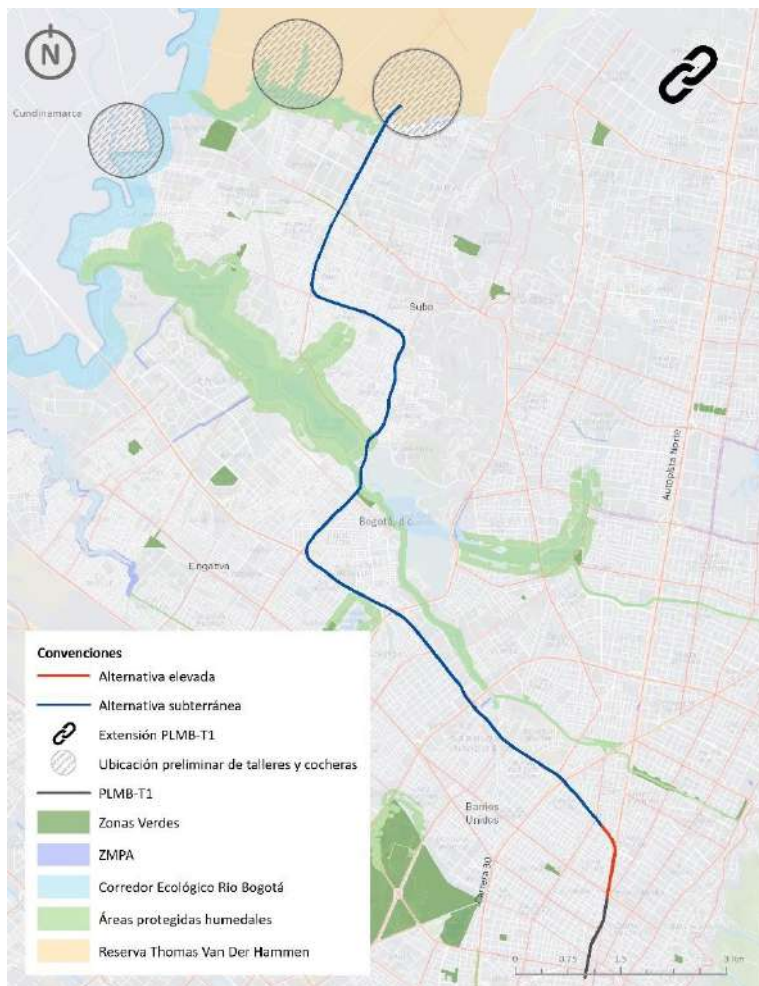
Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Elevada	14.59	13.15	1.44	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa H - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali

- 4.90 La alternativa H discurre por los mismos ejes de la alternativa G y las mismas interferencias con el sistema ecológico de la ciudad, con la diferencia que se contempla una tipología metro subterránea a lo largo de todos los corredores usados para el desarrollo del trazado, por tal razón se analizará una integración operacional entre la línea existente y el trazado propuesto sobre la calle 80, y el tramo de la Av. Caracas entre la calle 72 y la calle 80 se proyecta elevado para conservar la compatibilidad con la PLMB y evitar afectaciones importantes a la infraestructura existente sobre este corredor. El punto de terminación está localizado en predios de Bogotá, en la reserva Thomas Van Der Hammen.
- 4.91 Esta alternativa se contempla integrada operacionalmente a la línea 1, lo cual permite aprovechar la infraestructura proyectada, como los son las instalaciones de los talleres y cocheras de la línea 1.

Figura 4.22: Alternativa H - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.92 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.13: Alternativa H - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali

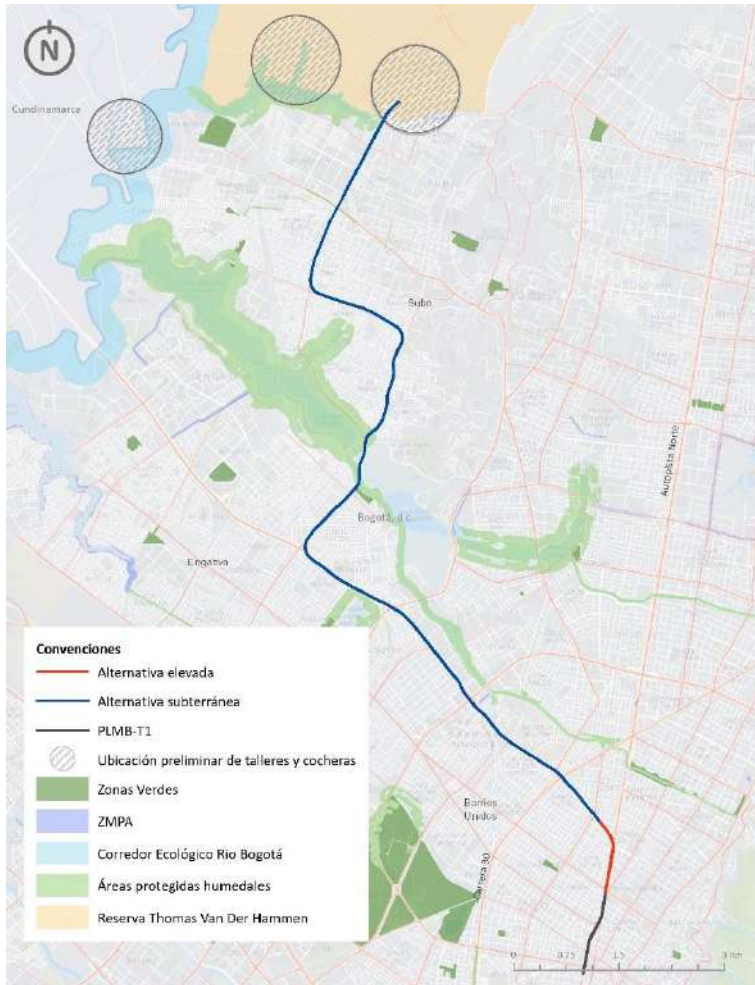
Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Subterránea	14.65	1.07	13.58	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa I - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali

4.93 La alternativa I presenta las mismas características de la alternativa G, salvo que este trazado se contempla como una línea independiente de la línea 1; por tal razón se analizará una integración operacional entre la línea existente y el trazado propuesto sobre la calle 80, y el tramo de la Av. Caracas entre la calle 72 y la calle 80 se proyecta elevado para conservar la compatibilidad con la PLMB y evitar afectaciones importantes a la infraestructura existente sobre este corredor. No obstante, se analizará una opción de integración por medio de una vía conectada, con el fin de aprovechar la infraestructura diseñada en el tramo inicial.

Figura 4.23: Alternativa I - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.94 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.14: Alternativa I - Calle 80 / Av. Ciudad de Cali / Av. Rincón / Av. Tabor / Av. Ciudad de Cali

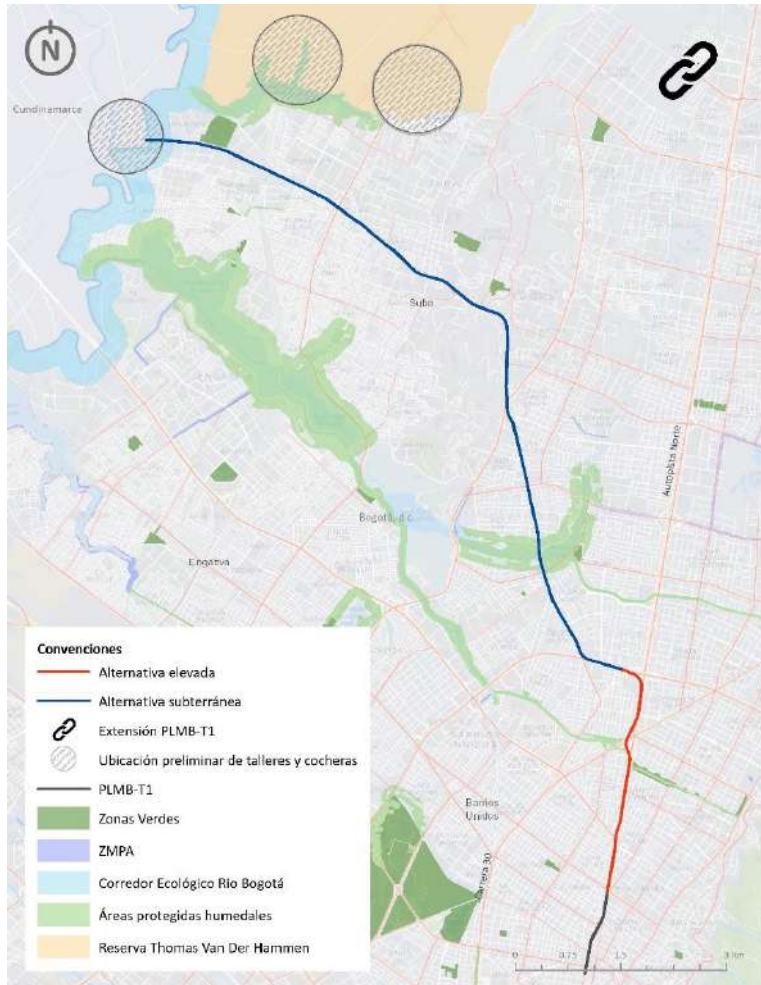
Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea	14.65	1.07	13.58	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa J – Autopista Norte / Calle 100 / Av. Suba

- 4.95 La alternativa J inicia en la Av. Caracas con la Calle 72, avanzando por este corredor al norte hasta empalmar a la izquierda con la Avenida calle 100, discurre por este eje vial hasta encontrar la Avenida Suba, continuando su recorrido por esta vía hacia occidente de la ciudad pasando por el humedal Córdoba usando el eje del corredor ya construido, hasta alcanzar el sector de Suba y finalizando en predios pertenecientes al municipio de Cota cruzando el río Bogotá y su zona de protección ambiental.
- 4.96 En el desarrollo de esta alternativa, se evidencia que, en la zona del monumento a los Héroes, la sección vial es limitada, dificultando la localización de las pilas para el metro elevado. Así mismo, en la intersección de la Autopista Norte con NQS (puente de tercer nivel) la infraestructura existente y los proyectos contemplados a futuro, generan varias restricciones geométricas tanto en planta como en perfil, obligando a realizar una ingeniería más detallada.
- 4.97 Aunque, el corredor férreo discurre por el Humedal Córdoba, no genera una gran afectación al sistema ecológico de la ciudad, ya que el eje vial de la Av. Suba ya se encuentra construido y el trazado de estudio para la expansión de la PLMB contempla usar el mismo eje.
- 4.98 Esta alternativa, operacionalmente se contempla como una extensión de la línea 1 y está concebida con tipología subterránea en la mayoría de su recorrido, menos en su tramo de la Autopista Norte, donde el trazado se proyecta elevado para conservar la compatibilidad con la PLMB y evitar afectaciones importantes a la infraestructura existente sobre este corredor

Figura 4.24: Alternativa J - Autopista Norte / Calle 100 / Av. Suba



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.99 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.15: Alternativa J - Autopista Norte / Calle 100 / Av. Suba

Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Autonorte – Calle 100 – Av. Suba	Extensión línea 1	Subterránea	14.75	3.40	11.35	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa K – Autopista Norte / Calle 100 / Av. Suba

4.100 La alternativa K tiene el mismo trazado y características de la alternativa J, con la diferencia que se contempla una tipología elevada a lo largo todos los ejes viales, hay una extensión la línea 1 hasta la Autopista Norte con Calle 100 y a partir de este punto la alternativa se contempla como una

línea independiente. El punto de terminación está localizado en predios del Municipio de Cota, cruzando el río Bogotá.

- 4.101 En general, el trazado maneja pendientes bajas, menos en el tramo de la Avenida Suba entre Av. Boyacá y Cr 91 (en los cerros de Suba), donde se presentan pendientes hasta del 15 %, obligando a plantear un túnel de 1.2Km para salvar estas pendientes elevadas, que de manera general se muestra a continuación y de forma detallada en el Anexo B de este documento en la carpeta “Pendientes verticales”.

Figura 4.25: Pendientes elevadas Av. Suba



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.102 Esta alternativa, no contempla integración operacional con la línea 1, no obstante, es posible contar con una conexión técnica mediante una o dos vías, con el fin de aprovechar las instalaciones de los talleres y cocheras de la PLMB.

Figura 4.26: Alternativa K - Autonorte – Calle 100 – Av. Suba



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.103 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.16: Alternativa K - Autonorte – Calle 100 – Av. Suba

Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Autonorte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión L1 a Cl 100-Elevada)	Línea independiente	Elevada/Subterránea	14.74	13.53	1.21	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa L - Canal Rionegro / Av. Ciudad de Cali

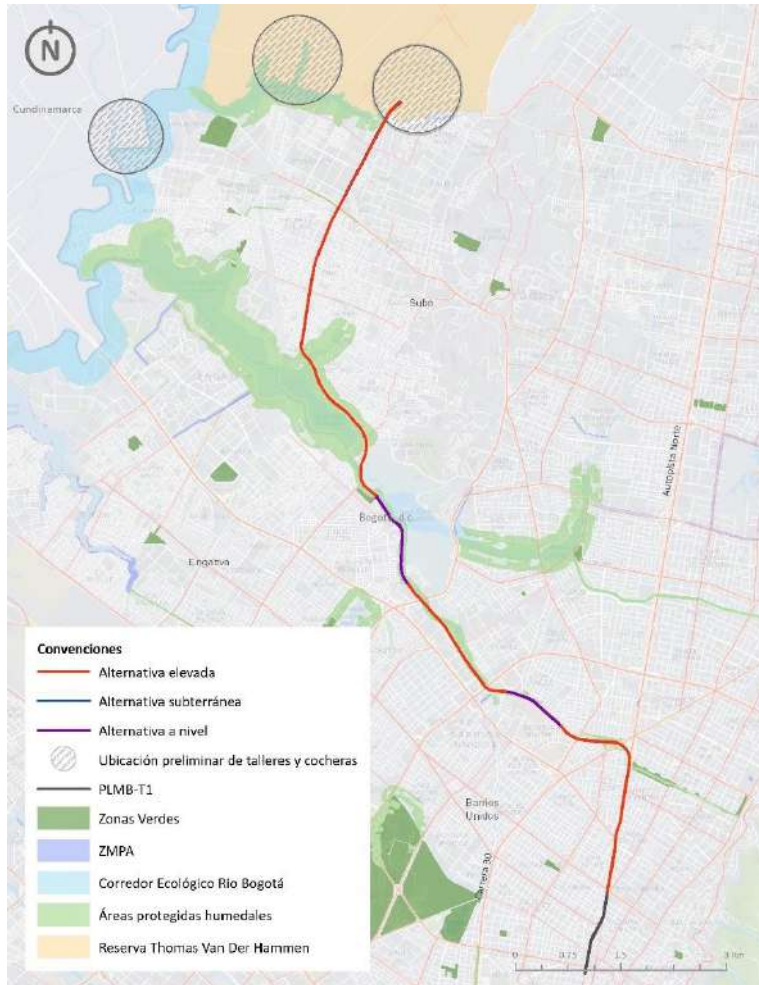
- 4.104 La alternativa L inicia en la Av. Caracas con la Calle 72, avanzando por este corredor hacia al norte hasta empalmar a la izquierda con el canal Rionegro en la calle 89ª, antes de la intersección de tercer nivel (NQS x Autonorte). Desde este punto, discurre por el eje del canal hacia el occidente por toda su zona de protección ambiental, hasta encontrar la Avenida Ciudad de Cali, cruzando el humedal Juan Amarillo por el mismo eje vial ya construido y finalizando con tipología subterránea en el tramo desde la Av. Suba hasta la reserva Thomas Van Der Hammen, en Bogotá.
- 4.105 En esta alternativa, se plantea una solución a nivel en el tramo desde la Avenida Suba y Avenida 68 y en el tramo desde la Avenida Boyacá y Avenida Ciudad de Cali, cuyo trazado se eleva para salvar los corredores viales que intercepta.
- 4.106 Aunque, el corredor férreo discurre por el Humedal Juan Amarillo, no genera una gran afectación al sistema ecológico de la ciudad, ya que el eje vial de la Av. Cali ya se encuentra construido y el trazado de estudio para la expansión de la PLMB contempla usar el mismo eje.
- 4.107 Esta alternativa, no contempla integración operacional con la línea 1, no obstante, es posible contar con una conexión técnica mediante una o dos vías, con el fin de aprovechar las instalaciones de los talleres y cocheras de la PLMB.
- 4.108 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.17: Alternativa L - Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali

Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	A nivel / Elevada	13.49	10.04	1.44	2.01

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Figura 4.27: Alternativa L - Canal Rionegro / Av. Ciudad de Cali

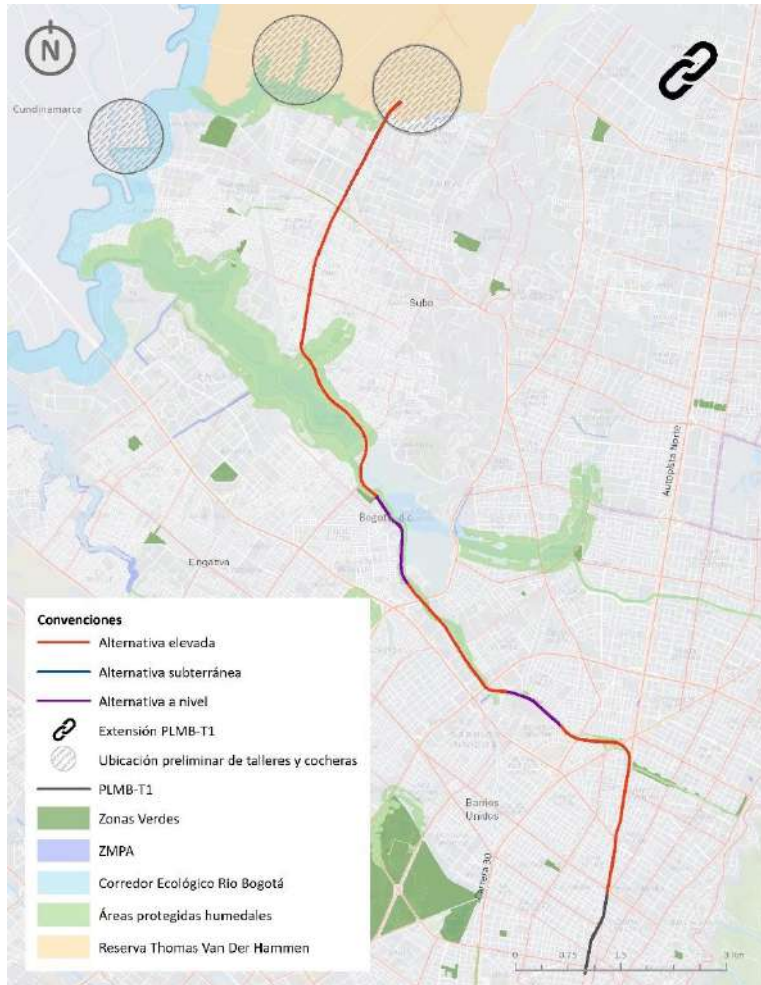


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

Alternativa M - Canal Rionegro / Av. Ciudad de Cali

- 4.109 La alternativa M presenta el mismo trazado que la alternativa L y las mismas interferencias con el sistema ecológico de la ciudad, incluyendo la misma tipología entre elevado y a nivel en los mismos tramos. La diferencia radica, en que esta alternativa, operacionalmente se contempla como una extensión de la línea 1.

Figura 4.28: Alternativa M - Canal Rionegro / Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.110 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.18: Alternativa M - Canal Rionegro / Av. Ciudad de Cali

Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	A nivel / Elevada	13.49	10.04	1.44	2.01

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

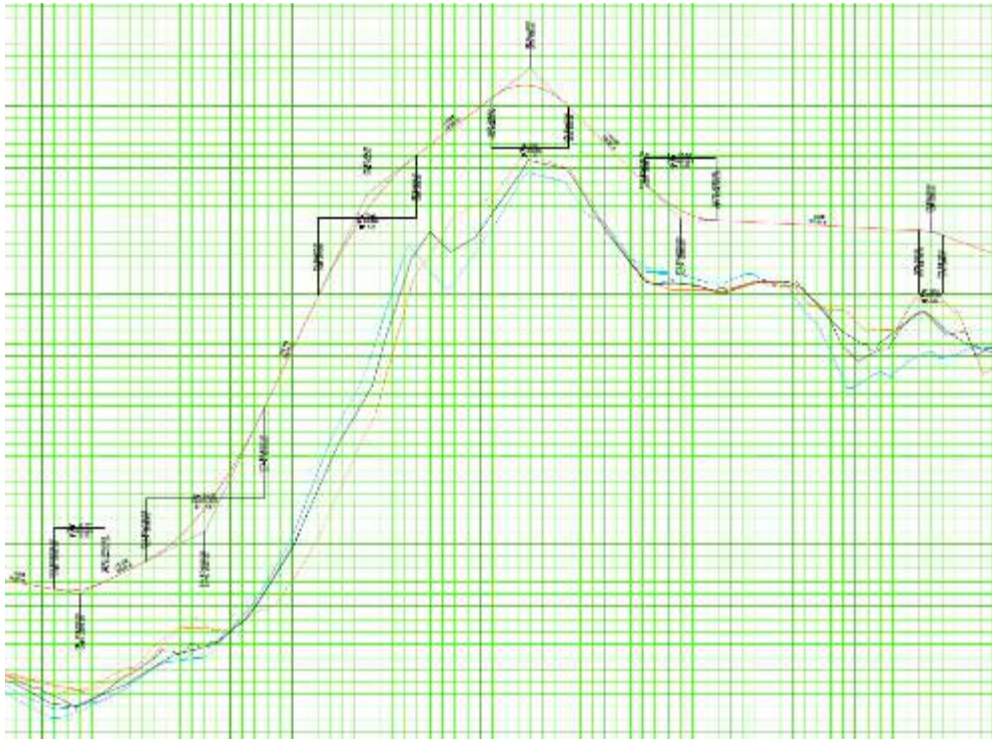
Alternativa N - Autonorte / CI 127 / Av. Rincón / Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a CI 100)

4.111 La alternativa N inicia en la Autopista Norte con Calle 100, contemplando la extensión de la línea 1 hasta la calle 100, en el desarrollo de este tramo se evidencia que, en la zona del monumento a los Héroes la sección vial es limitada, dificultando la localización de las pilas para el metro elevado. Así

mismo, en la intersección de la Autopista Norte con NQS (puente de tercer nivel) la infraestructura existente y los proyectos contemplados a futuro, generan varias restricciones geométricas tanto en planta como en perfil, obligando a realizar una ingeniería más detallada.

- 4.112 Desde la Calle 100, se concibe el trazado como una línea independiente y avanza por Autopista Norte hasta empalmar con la calle 127, discurre por este eje vial al occidente pasando por la zona de protección del humedal Córdoba por el eje vial ya construido, conectando con la Avenida Rincón cruzando predios del club los Lagartos. En este punto, se contempla cambio de tipología de forma subterránea en aproximadamente 1 km, considerando que la pendiente del corredor vial alcanza 21%, que de manera general se muestra a continuación y de forma detallada se encuentra en el Anexo B de este documento.

Figura 4.29: Pendientes elevadas Av. El Rincón

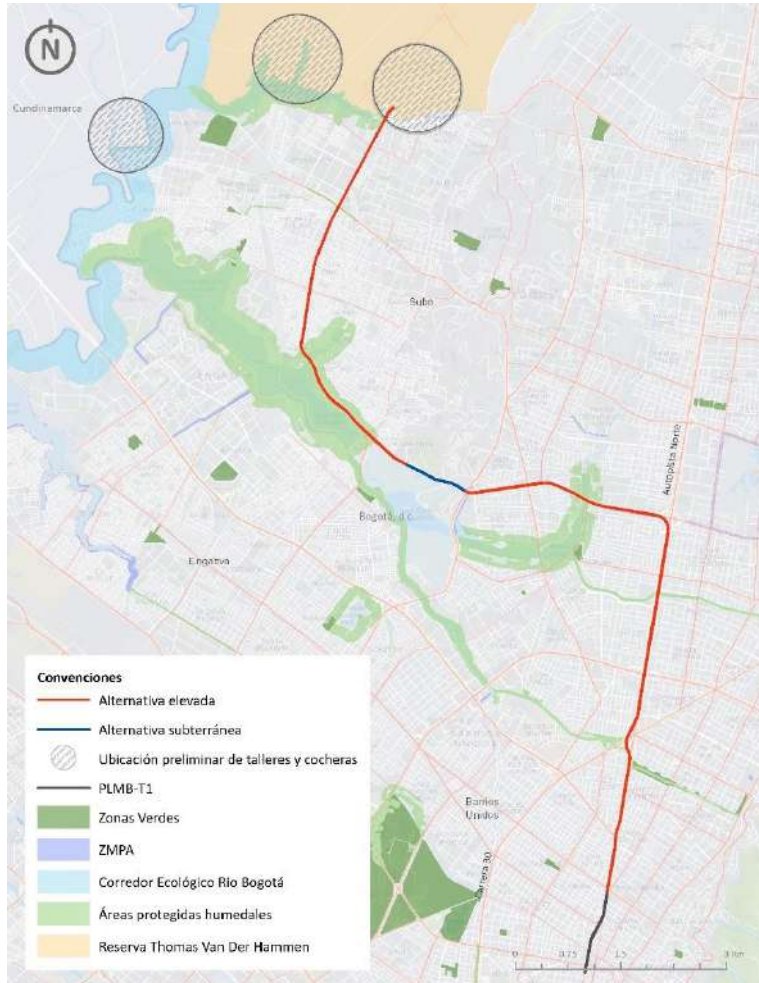


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.113 Luego de superar los cerros de Suba, el trazado nuevamente se eleva y se empalma con la Avenida Cali, generando afectación predial importante y desde allí, continua hacia la zona nor-occidental de la ciudad cruzando por el humedal Juan Amarillo por el eje vial ya construido, finalizando de forma subterránea entre la extensión de la Av. Cali en la reserva Thomas Van Der Hammen, en Bogotá.
- 4.114 Aunque, el corredor férreo discurre por los humedales Córdoba y Juan Amarillo, no genera una gran afectación al sistema ecológico de la ciudad, ya que los ejes viales usados ya se encuentran construidos y el trazado de estudio para la expansión de la PLMB contempla usar estos corredores.

4.115 Esta alternativa no se contempla integrada operacionalmente a la línea 1, no obstante, es posible contar con una conexión operacional mediante una o dos vías, con el fin de aprovechar las instalaciones de los talleres y cocheras de la línea 1.

Figura 4.30: Alternativa N - Autonorte / CI 127 / Av. Rincón / Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a CI 100)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

4.116 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.19: Alternativa N - Autonorte / CI 127 / Av. Rincón / Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a CI 100)

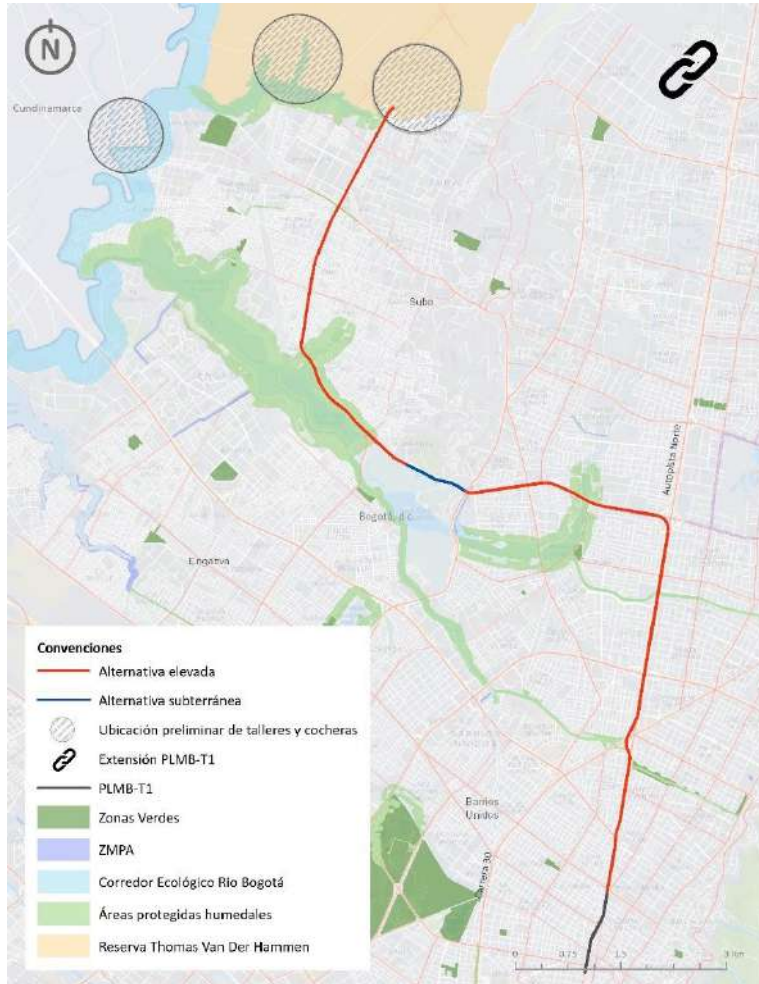
Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a CI 100)	Línea independiente	Elevada / Subterránea	15.19	12.84	2.35	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa O - Autonorte / CI 127 / Av. Rincón / Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a CI 100)

- 4.117 La alternativa O discurre por los mismos ejes de la alternativa N y las mismas interferencias con el sistema ecológico de la ciudad, con la diferencia que se contempla una integración operacional con la línea 1, lo cual permite aprovechar la infraestructura de la primera línea, como las instalaciones de los talleres y cochera.

Figura 4.31: Alternativa O - Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a CI 100)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

- 4.118 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.20: Alternativa O - Autonorte / CI 127 / Av. Rincón / Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a CI 100)

Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Elevada / Subterránea	15.19	12.84	2.35	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa P - Avenida CI 72 / Av. Ciudad de Cali

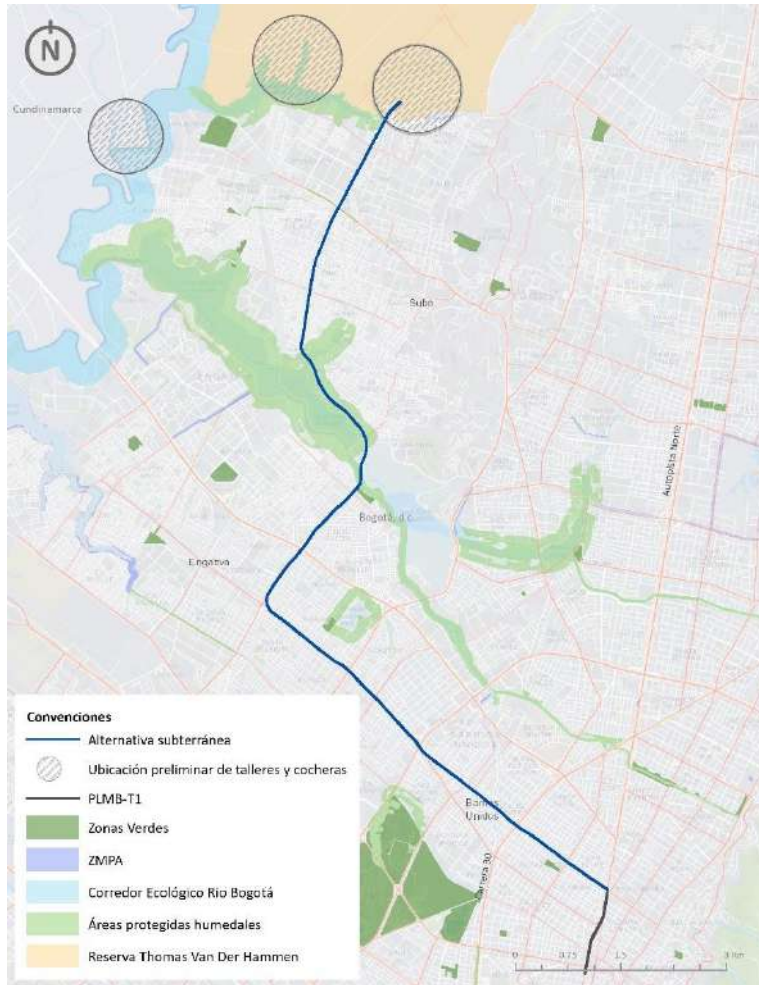
- 4.119 La alternativa P inicia en la Calle 72 con Av. Caracas con tipología subterránea conectando con la Línea 1 por medio de una estación intermodal, desde esta zona el corredor discurre al occidente empalmando con la Av. Ciudad de Cali, cruzando por el humedal Juan Amarillo por el eje vial ya construido, avanzando al norte por este corredor y finalizando en predios localizados en el Distrito capital, en la zona de la reserva Thomas Van Der Hammen.
- 4.120 Considerando lo estrecho de este corredor vial de la calle 72, se prevé una elevada afectación predial a lo largo de la calle 72; al igual, presenta restricciones geométricas con todos los pasos elevados vehiculares (NQS, Cr 68, Av. Boyacá y CI 80), generando afectación predial adicional.
- 4.121 Aunque, el corredor férreo discurre por el Humedal Juan Amarillo, no genera una gran afectación al sistema ecológico de la ciudad, ya que el eje vial de la Av. Cali ya se encuentra construido y el trazado de estudio para la expansión de la PLMB contempla usar el mismo eje.
- 4.122 Esta alternativa no se contempla integrada operacionalmente a la línea 1, no obstante, es posible contar con una conexión operacional mediante una vía, con el fin de aprovechar las instalaciones de los talleres y cocheras de la línea 1.
- 4.123 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.21: Alternativa P - Avenida CI 72 / Av. Ciudad de Cali

Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
CI 72 – Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea	14.78	0.00	14.78	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Figura 4.32: Avenida CI 72 – Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

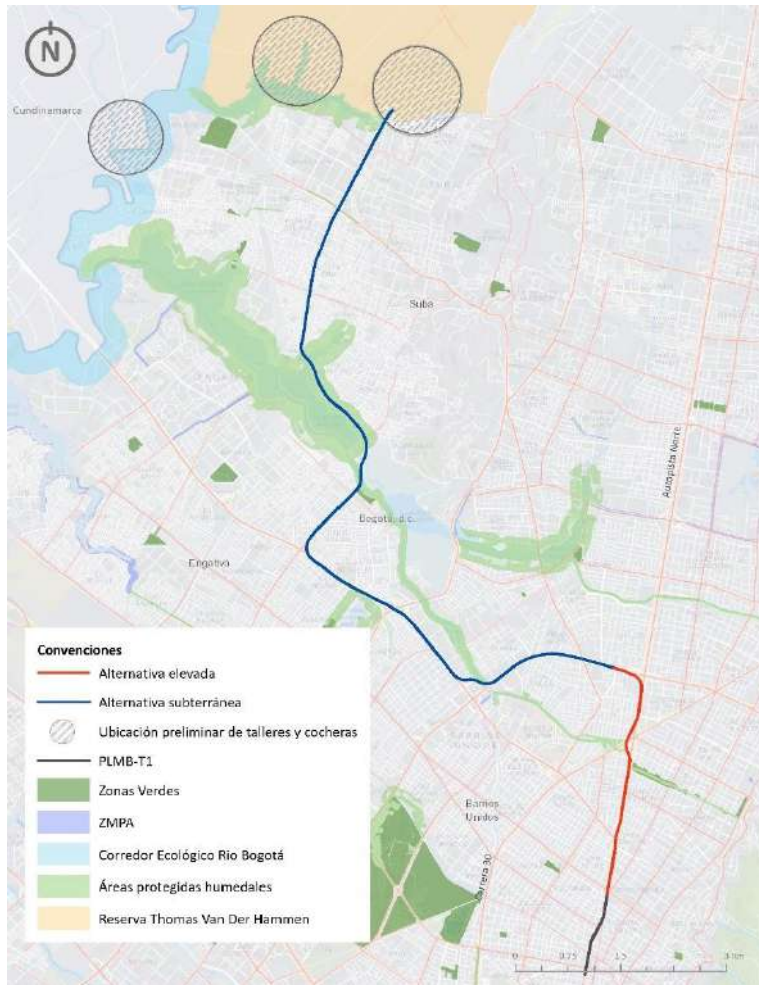
Alternativa Q - Ext Línea 1 hasta CI 100. Autonorte / Calle 100 / Av. 68 / Calle 80 / Av. Ciudad de Cali

- 4.124 La alternativa Q contempla una extensión de la línea 1 por la Autopista Norte hasta la calle 100 con tipología metro elevada para conservar la compatibilidad con la PLMB y evitar afectaciones importantes a la infraestructura existente sobre este corredor. Desde este punto el trazado toma la Avenida Calle 100 con una tipología subterránea, hasta encontrar la Avenida Calle 80, discurrendo por este eje al occidente pasando en cercanías del humedal Santa María del Lago a la altura de la Av. Boyacá y luego conectar con la Avenida Cali, cruzando por el humedal Juan Amarillo por el eje vial ya construido, continuando por este corredor hasta alcanzar el sector de Suba y finalizando en predios pertenecientes al distrito en la zona de la reserva Thomas Van Der Hammen.
- 4.125 En el desarrollo de este tramo por la Autopista Norte, se evidencia que, en la zona del monumento a los Héroes la sección vial es limitada, dificultando la localización de las pilas para el metro elevado. Así mismo, en la intersección de la Autopista Norte con NQS (puente de tercer nivel) la

infraestructura existente y los proyectos contemplados a futuro, generan varias restricciones geométricas tanto en planta como en perfil, obligando a realizar una ingeniería más detallada.

- 4.126 Se evidencia restricción geométrica en el puente de la calle 80 con Av. Boyacá, generando afectación predial en la zona contigua al puente, al igual que en el empalme entre la CI 80 y la Av. Ciudad de Cali.
- 4.127 Aunque, el corredor férreo discurre por el Humedal Juan Amarillo, no genera una gran afectación al sistema ecológico de la ciudad, ya que el eje vial de la Av. Cali ya se encuentra construido y el trazado de estudio para la expansión de la PLMB contempla usar el mismo eje.
- 4.128 Esta alternativa no se contempla integrada operacionalmente a la línea 1, no obstante, es posible contar con una conexión operacional mediante una o dos vías, con el fin de aprovechar las instalaciones de los talleres y cocheras de la línea 1.

Figura 4.33: Alternativa Q - Ext Línea 1 hasta CI 100. Autonorte / Calle 100 / Av. 68 / Calle 80 / Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

- 4.129 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.22: Alternativa Q - Ext Línea 1 hasta CI 100. Autonorte / Calle 100 / Av. 68 / Calle 80 / Av. Ciudad de Cali

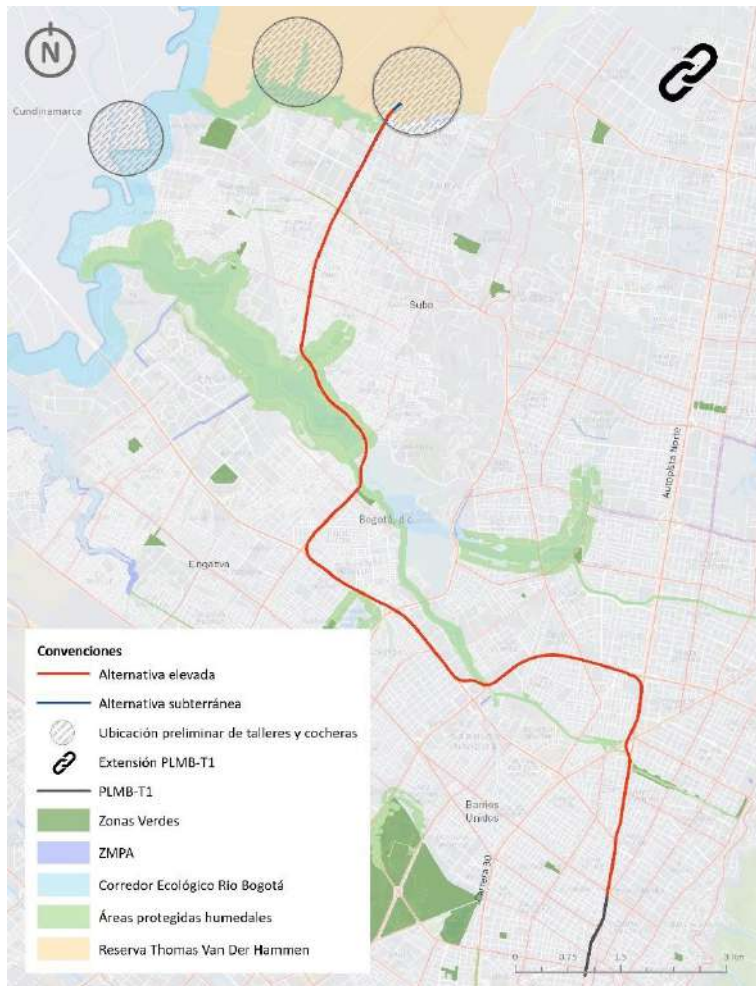
Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Ext Línea 1 hasta CI 100. Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea	15.87	3.52	12.35	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Alternativa R - Ext Línea 1 hasta CI 100. Autonorte / Calle 100 / Av. 68 / Calle 80 / Av. Ciudad de Cali

4.130 La alternativa R discurre por los mismos ejes de la alternativa Q y las mismas interferencias con el sistema ecológico de la ciudad, con la diferencia que se contempla una integración operacional con la línea 1, lo cual permite aprovechar la infraestructura diseñada, como lo son las instalaciones de los talleres y cocheras de la línea 1.

Figura 4.34: Alternativa R - Ext Línea 1 hasta CI 100. Autonorte / Calle 100 / Av. 68 / Calle 80 / Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020 a partir de Google Maps

- 4.131 A continuación, se presenta las características de esta alternativa y se detallan las longitudes aproximadas según la tipología adoptada para el sistema metro:

Tabla 4.23: Alternativa R - Ext Línea 1 hasta CI 100. Autonorte / Calle 100 / Av. 68 / Calle 80 / Av. Ciudad de Cali

Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Total (Km)	Elevado (Km)	Subterráneo (Km)	Nivel (Km)
Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Elevada/Subterránea	15.87	14.43	1.44	0.00

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.132 Las alternativas preseleccionadas son presentadas a continuación. Como fue mencionado anteriormente, se agregaron en 8 grupos de trazados homogéneos, en los cuales varía la tipología y el tipo de conexión.

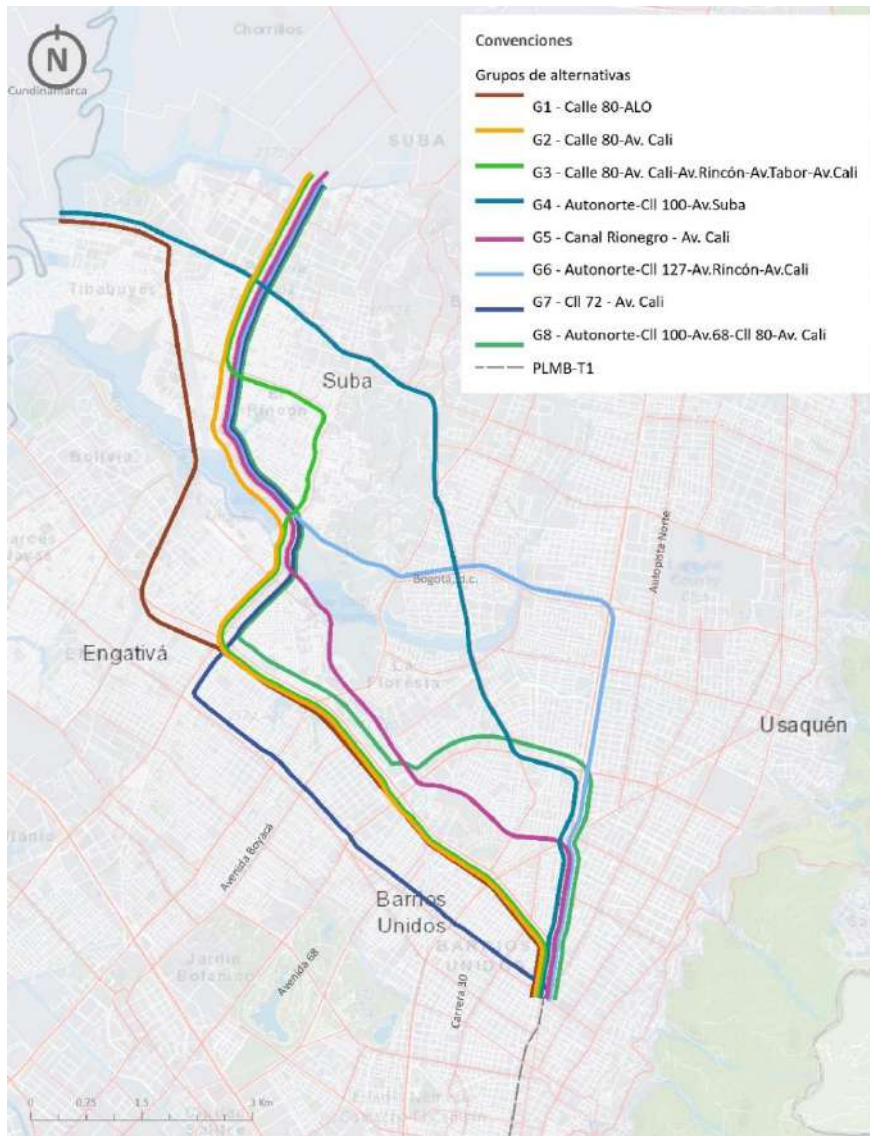
Tabla 4.24: Alternativas identificadas para análisis de fase 1

Grupo	Alt.	Trazado	Tipo de conexión	Tipología
1	A	Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	Elevada
	B	Calle 80 - ALO	Línea independiente	Subterránea
	C	Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	Subterránea
2	D	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Elevada
	E	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Subterránea
	F	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea
3	G	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Elevada
	H	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Subterránea
	I	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea
4	J	Auto Norte – Calle 100 – Av. Suba	Extensión línea 1	Subterránea
	K	Auto Norte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión PLMB-T1 a CI 100-Elevada)	Línea independiente	Elevada/Subterránea
5	L	Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	A nivel / Elevada
	M	Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	A nivel / Elevada
6	N	Auto Norte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a CI 100)	Línea independiente	Elevada / Subterránea
	O	Auto Norte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Elevada / Subterránea

Grupo	Alt.	Trazado	Tipo de conexión	Tipología
7	P	Cl 72 – Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea
8	Q	Ext. PLMB-T1 hasta Cl 100. Auto Norte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea
	R	Auto Norte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Elevada/Subterránea

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Figura 4.35: Grupos de alternativas preseleccionadas



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Definición de criterios de evaluación e indicadores

- 4.133 Para la definición de indicadores y criterios se adelantaron mesas de trabajo en conjunto con FDN y EMB, llegando a una batería de indicadores que permiten evaluar las alternativas identificadas en Fase I.
- 4.134 A partir de dicha metodología y con la información secundaria disponible, se presentan los criterios e indicadores para tener en cuenta en la evaluación de las 18 alternativas en la siguiente tabla:

Tabla 4.25: Componentes, criterios e indicadores de evaluación de alternativas

Componente	Criterio	Indicador
Impacto Ambiental	Dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua	Se realizará el traslape con los cuerpos de agua (Ríos, Quebradas, lagos, lagunas, humedales y canales) que crucen las alternativas
	Elementos de la Estructura Ecológica Principal	Área de traslape con los elementos de la EEP (Corredores ecológicos, sistemas de áreas protegidas del Distrito Capital, Parques Urbanos y Área de Manejo Especial del Río Bogotá)
Urbano-Paisajístico	Revitalización urbana	Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios
	Impacto urbano	Afectación de barrios con interés arquitectónico / urbanístico
Beneficios Sociales	Mejoras de transporte	Pasajeros transportados en metro
		Ahorro en tiempo de viaje
		Conectividad ofertada por la red de metro
		Balance de línea
	Integración modal	Intermodalidad en el servicio de transporte masivo Descongestionamiento de la red de transporte masivo
Financiero	Costos de Inversión	Costos de Inversión proyecto metro por Km (con predios)
Riesgos	Riesgos arqueológicos	Potencial de hallazgos arqueológicos
	Vulnerabilidad a fenómenos naturales	Identificación de zonas de riesgo (Movimientos en masa e inundaciones)

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.135 A continuación, se describe cada uno de los componentes, criterios e indicadores, así como su metodología de cálculo:

Componente Ambiental

- 4.136 El componente denominado impacto ambiental se enfoca en evaluar las áreas de traslape con los elementos de la EEP y traslape con los cuerpos de agua para cada una de las alternativas de trazado propuestas. La mejor alternativa es aquella que tenga menor área de traslape con los elementos de la estructura ecológica principal y menor cruce con las fuentes hídricas.

Impacto en dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua

- 4.137 Este indicador hace referencia a la posible afectación del nuevo corredor férreo en los cuerpos de agua que cruce el trazado. A continuación, se describen las características principales del indicador.

Tabla 4.26: Indicador impacto en dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua

Ítem	Descripción
Objetivo	Identificar el cruce con fuentes hídricas en cada una de las alternativas
Variables del indicador (entradas)	Cartografía de Bogotá “Cuerpo de agua de ambiente y desarrollo” obtenida en datos abiertos Bogotá - IDECA.
Metodología de cálculo	El indicador se calcula como la cantidad de cuerpos de agua que se interceptarán en cada una de las alternativas de trazado.
Unidad de medición	Unidades de cuerpos de agua interferidos (UN)
Naturaleza	Cuantitativo
Visualización	Mapa y cantidad de cuerpos de agua interceptados.
Nivel	Ciudad Bogotá
Calificación	La alternativa que tenga el menor número de interferencias con cuerpos de agua es la que resulta con mejor puntuación.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.138 El indicador se calcula como la cantidad de cuerpos de agua que se interceptarán en cada una de las alternativas de trazado para lo cual se cruzarán las 18 alternativas seleccionadas con la capa “Cuerpo de agua de ambiente y desarrollo” obtenida en datos abiertos Bogotá - IDECA.
- 4.139 Se presentará un mapa donde se visualizará cada uno de los cuerpos de aguas interceptados por los corredores seleccionados y se cuantificará la cantidad de fuentes hídricas interceptadas en cada una de las alternativas.

Impacto a los elementos de la estructura ecológica principal

- 4.140 Este indicador corresponde al área de traslape de cada trazado propuesto con los elementos de la Estructura Ecológica Principal (Corredores ecológicos, sistemas de áreas protegidas del Distrito Capital, Parques Urbanos y Área de Manejo Especial del Río Bogotá). El detalle del indicador se observa en la siguiente tabla:

Tabla 4.27: Indicador impacto a los elementos de la estructura ecológica principal

Ítem	Descripción
Objetivo	Identificar las áreas de traslape de las alternativas con los elementos de la Estructura Ecológica Principal -EPP
Variables del indicador (entradas)	Área de traslape de las alternativas con las capas de la Estructura Ecológica Principal descargadas en el visor de la Secretaría Distrital de Ambiente -SDA: Capa Áreas protegidas. Capa corredores de ronda. Capa cuenca alta del río Bogotá. Capa Franja de adecuación.

Ítem	Descripción
	Capa parques urbanos. Capa reserva forestal protectora Van Der Hammen. Capa ronda hidráulica. Capa ZMPA.
Metodología de cálculo	El indicador se calcula como el área de traslape con elementos de la estructura ecológica principal (Corredores ecológicos, sistemas de áreas protegidas del Distrito Capital, Parques Urbanos y Área de Manejo Especial del Río Bogotá) que se interceptarán en cada una de las alternativas de trazado, para lo cual se emplearán capas de los elementos de la EEP de la ciudad de Bogotá, para identificar: Santuario Distrital de Fauna y Flora. Área Forestal Distrital. Parque Ecológico Distrital (Reserva Forestal Distrital y Humedales) Parques Urbanos de escala metropolitana y zonal. Corredores ecológicos. Área de Manejo Especial del Río Bogotá.
Unidad de medición	Área de traslape en hectáreas (Ha)
Naturaleza	Cuantitativo
Visualización	Mapas y áreas interceptadas de la estructura ecológica principal en cada una de las alternativas
Nivel	Ciudad Bogotá
Calificación	Afectación Alta (50%): Cuando las alternativas se traslapen con los elementos de la EEP (Áreas protegidas del orden Distrital): a. Santuario Distrital de Fauna y Flora. b. Área Forestal Distrital. c. Parque Ecológico Distrital (Reserva Forestal Distrital y Humedales)
	Afectación Media (30 %): Cuando las alternativas se traslapen con los elementos de la EEP como Parques Urbanos de escala metropolitana y zonal.
	Afectación Baja (20%): Cuando las alternativas se traslapen con los elementos de la EEP como Corredores ecológicos y Área de Manejo Especial del Río Bogotá.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.141 El indicador se calcula como el área que se intercepta en cada una de las alternativas de trazado para lo cual se cruzarán las 18 alternativas seleccionadas con las capas de la estructura ecológica principal.
- 4.142 Se presentará un mapa en el Anexo B donde se visualizará cada uno de los elementos de la estructura ecológica principal interceptados por los corredores seleccionados y se cuantificará el área de afectación en cada una de las alternativas.
- 4.143 En cuanto a la calificación del indicador se disgregó en calificación alta, media y baja teniendo en cuenta la clasificación y las restricciones de cada uno de los elementos de la estructura ecológica principal de acuerdo con el POT de Bogotá.

Componente urbano paisajístico

- 4.144 El componente urbano-paisajístico evalúa la coherencia de la inserción del proyecto con la dinámica urbana, así como, la identificación del potencial de modificación para mejorar la competitividad y calidad de vida de los ciudadanos. El objetivo del componente es evaluar, a partir de los criterios planteados, la coherencia de las alternativas de inserción del proyecto con la dinámica urbana y su potencial de mejoramiento de esta.
- 4.145 A partir de experiencias, grupos de investigación y debates internacionales sobre el tema del Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible DOTS¹⁴ se ha alcanzado un consenso con respecto a la distancia de referencia de accesibilidad, o “trayecto caminable” hacia estaciones de sistemas de transporte masivo. Esta distancia tiene como equivalencia un trayecto caminable de entre 10 y 15 minutos, y está calculada en promedio entre 800 y 1,000 metros
- 4.146 Esta distancia mide el trayecto promedio que un peatón puede recorrer cómodamente entre dos puntos en una ciudad (incluyendo giros, cruces, obstáculos urbanos, etc.), diferente a un desplazamiento en línea recta. Esta distancia de referencia de 800 metros se utiliza en los diferentes manuales y guías de diseño e implementación para proyectos con enfoque de DOTS.
- 4.147 Adicionalmente, para los estudios realizados con respecto a la distancia inter-estación para las estaciones del Metro de Bogotá se ha estimado una distancia de 1.39 km, de tal manera que el área de influencia directa de cada estación (desde su centroide) estaría en aproximadamente 700 metros.
- 4.148 A partir del análisis de otros ejercicios similares, así como de diversas guías metodológicas¹⁵ para la implementación de políticas de DOT fue posible identificar que se tiende a definir como área de influencia un radio de entre 200 y 800 metros desde las estaciones. Se establece un radio de 400m para asignación de norma urbanística y de 800m para proyectos detonantes en los entornos de sistemas de LRT, (BART, 2017) y un radio de 800m -media milla- sin diferenciar el modo del sistema de transporte, (Sacramento County, 2011). Así como, que las áreas de influencia deben tener una distancia promedio máxima de 400m -cuarto de milla- para sistemas de LRT y Bus.
- 4.149 Así mismo, el DTS del Decreto 823 de 2019 “Por el cual se incorporan áreas al Tratamiento Urbanístico de Renovación Urbana sobre el corredor de la Primera Línea de Metro de Bogotá, se adoptan las fichas normativas para su desarrollo y se dictan otras disposiciones”, define el área de influencia de 800m alrededor de todo el viaducto y las estaciones la PLMB-T1 a partir de la “Medida Manhattan” y considerando las condiciones de Bogotá.
- 4.150 Por lo anterior, para el cálculo de los indicadores urbanos en esta actividad se utiliza la distancia de 800 metros para la PLMB-T1, ya que ésta distancia incluye la estimación que un habitante está dispuesto a caminar, este trayecto corresponde a caminar 10 minutos aproximadamente, junto con otras variables que responden a las vías, las normas urbanísticas, cuanto y donde impacta el

¹⁴ WRI World Resources Institute, Washington D.C. y ITDP Institute for Transportation and Development Policy, New York),

¹⁵ City of Edmonton, 2012

sistema y la posibilidad de capturar valor. En esta área se generan dinámicas inmobiliarias fomentadas por la aparición de la nueva infraestructura.”

- Siguiendo los lineamientos DOT hay tres anillos de impacto de la estación (DTS del Decreto 823 de 2019):
- 220 metros, que es el anillo de mayor intensidad en el cual se generan mayor número de viajes, desarrollos comerciales y empleos.
- 400 metros, representa entre el 70% y el 80% del número de usuarios que viajan a la estación, significando una caminata de 5 minutos a pie.
- 800 metros, es el área de influencia de la estación, proporcionando pasajeros de tránsito adicionales.

4.151 A partir de las consideraciones aportadas anteriormente, se tuvo en cuenta para el cálculo de los indicadores urbanos un área de influencia de 800 m desde el eje del corredor.

Revitalización urbana

4.152 Se refiere al potencial del proyecto para revertir los efectos del deterioro – físico, social y económico – del área de influencia de este, orientando las actuaciones necesarias de planificación del entorno urbano a través del potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios de acuerdo con la norma y su ubicación a lo largo del trazado.

4.153 De acuerdo con el documento Estudio comparativo de alternativas de ejecución por tramos y tipologías de la primera línea de metro para la ciudad de Bogotá (PLMB), con identificación y cuantificación de ahorros que optimicen el beneficio (Systra, 2016): “Las estaciones en un sistema de metro tienen la capacidad de convertirse en nodos para la ciudad. Atraen un número de usuarios significativo, que contribuye a un mejor aprovechamiento del suelo con el objetivo de fomentar el desarrollo de la ciudad. Este potencial que genera exclusivamente las estaciones tiene la capacidad de recuperar zonas de la ciudad, que ya sea por motivos sociales, económicos o físicos, estén deprimidas y requieran una intervención para mejorar su calidad. (pág. 135)”

Tabla 4.28: Indicador Potencial de Desarrollo de Proyectos Inmobiliarios

Ítem	Descripción
Objetivo	Medir las oportunidades generadas por la inserción del sistema para el desarrollo de nuevos proyectos inmobiliarios
Variables del indicador (entradas)	Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios a partir del archivo geográfico georreferenciado de Tratamientos Urbanísticos del POT en formulación de Bogotá. Los Tratamientos Urbanísticos orientan las intervenciones que se pueden realizar en el territorio de acuerdo con las características físicas y función de cada zona que compone el modelo de ciudad (Alcalde Mayor de Bogotá, D.C., 2004).
Metodología de cálculo	A partir de un área de influencia de 800m ¹⁶ a lado y lado del eje del trazado, se calculan los m2 de las zonas dispuestas en Tratamiento de Desarrollo y

¹⁶ Área de influencia propuesta por la Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, a partir de la revisión de metodologías empleadas en ejercicios similares, dado que es la distancia máxima recomendada para garantizar la accesibilidad a pie al sistema.

Ítem	Descripción
	<p>Renovación Urbana de acuerdo con los tratamientos urbanísticos del POT en formulación.</p> <p>El Tratamiento de Desarrollo es aquel que orienta y regula la urbanización de los terrenos o conjunto de terrenos urbanizables no urbanizados, localizados en suelo urbano o de expansión, mientras que el tratamiento de Renovación Urbana busca la transformación de zonas desarrolladas de la ciudad que tienen condiciones de subutilización de las estructuras físicas existentes, para aprovechar al máximo su potencial de desarrollo (Alcalde Mayor de Bogotá, D.C., 2004).</p> <p>La siguiente figura ilustra, a modo de ejemplo, el método de cálculo de este indicador:</p>
Unidad de medición	Metros cuadrados con potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios
Naturaleza	Cuantitativo
Visualización	A través de un mapa y un número que indique el área calculada
Nivel	Área de influencia del corredor
Calificación	La alternativa que arroje una mayor área de superficie en Tratamiento de Desarrollo y Renovación Urbana en el área de influencia del corredor es la que resulta mejor postulada en este indicador.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Impacto Urbano

- 4.154 Busca reducir los posibles impactos negativos generados por la inserción de futuros proyectos de movilidad de gran escala en el entorno construido, su complejidad de inserción y potenciar las oportunidades de integración de este con el contexto físico-espacial existente.

Tabla 4.29: Indicador Afectación de Barrios con Interés Arquitectónico y/o Urbanístico

Ítem	Descripción
Objetivo	Minimizar los impactos sobre barrios con interés arquitectónico y/o urbanístico por la inserción del sistema.

Ítem	Descripción
Variables del indicador (entradas)	Afectación de barrios con interés arquitectónico y/o urbanístico a partir del archivo geográfico georreferenciado de Tratamientos Urbanísticos del POT en formulación de Bogotá. Los Tratamientos Urbanísticos orientan las intervenciones que se pueden realizar en el territorio de acuerdo con las características físicas y función de cada zona que compone el modelo de ciudad (Alcalde Mayor de Bogotá, D.C., 2004).
Metodología de cálculo	A partir de un área de influencia de 800m a lado y lado del eje del trazado, se calculan los m2 de las zonas dispuestas en Tratamiento de Conservación y Consolidación de acuerdo con los tratamientos urbanísticos del POT en formulación. El Tratamiento de Conservación tiene por objetivo proteger el patrimonio construido de la ciudad, para asegurar su preservación involucrándolo a las exigencias de desarrollo urbano, mientras que el Tratamiento de Consolidación, regula la transformación de las estructuras urbanas de la ciudad desarrollada, garantizando coherencia entre la intensidad de uso del suelo y el sistema de espacio público existente o planeado (Alcalde Mayor de Bogotá, D.C., 2004).
Unidad de medición	Metros cuadrados afectados
Naturaleza	Cuantitativo
Visualización	A través de un mapa y un número que indique el área calculada
Nivel	Área de influencia del corredor
Calificación	La alternativa que arroje una menor área de superficie en Tratamiento de Conservación y Consolidación en el área de influencia del corredor es la que resulta mejor puntuada en este indicador

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Componente Beneficios Sociales

Mejoras de transporte

- 4.155 Se refiere al potencial que tendrá el nuevo sistema de transporte para atraer y movilizar pasajeros, la incidencia que tendrá en la disminución de los tiempos de desplazamiento en los diferentes modos de transporte y al aumento de la cobertura del sistema de transporte público de la ciudad. Adicional a lo anterior, el balance de la línea 1 con la nueva infraestructura.
- Pasajeros transportados metro
- 4.156 Potencial del nuevo sistema de transporte para atraer y movilizar pasajeros. Corresponde al total de pasajeros transportados por cada km extra de metro en la hora de máxima demanda.

Tabla 4.30: Indicador pasajeros transportados metros

Ítem	Descripción
Objetivo	Medir la demanda capturada por la alternativa de Metro propuesta.
VARIABLES del indicador (entradas)	Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado.
Metodología de cálculo	Se calculan los pasajeros transportado en la hora pico de la mañana por el sistema Metro $\left(\frac{\text{Pasajeros}}{\text{hpam}}_{\text{con proyecto}} - \frac{\text{Pasajeros}}{\text{hpam}}_{\text{sin proyecto}} \right) / \text{Longitud}_{\text{con proyecto}}$
Naturaleza	Cuantitativo
Unidad de medición	Pasajeros/HPAM
Visualización	Gráficos de barras que representen la cantidad estimada.
Nivel	Ciudad
Calificación	La alternativa con mayor cantidad de pasajeros obtiene mayor puntaje.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- Ahorro en tiempo de viaje de la ciudad

4.157 Incidencia del proyecto en la disminución de los tiempos de desplazamiento de los viajeros en los diferentes modos de transporte.

Tabla 4.31: Indicador ahorros en tiempo de viaje

Ítem	Descripción
Objetivo	Cuantificar el tiempo de viaje en transporte público total ahorrado por la ciudad.
VARIABLES del indicador (entradas)	Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado.
Metodología de cálculo	Se calculan los ahorros en tiempo de viaje en transporte público de toda la ciudad $\text{minutos totales}_{\text{sin proyecto}} - \text{minutos totales}_{\text{con proyecto}}$
Naturaleza	Cuantitativo
Unidad de medición	Minutos/HPAM
Visualización	Gráficos de barras que representen la cantidad estimada.
Nivel	Ciudad
Calificación	La alternativa con mayor ahorro de tiempo obtiene mayor puntaje.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- Conectividad ofertada por la red de metro

4.158 Pares origen - destino que son atendidos directamente por el nuevo proyecto. Es una medida de cobertura del nuevo sistema.

Tabla 4.32: Indicador conectividad ofertada por la red de metro

Ítem	Descripción
Objetivo	Medir el potencial de la alternativa de conectar pares origen-destino directamente.
VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS)	Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado.
Metodología de cálculo	Se cuentan los pares que son atendidos directamente por la red Metro, sin hacer transbordo con otros modos y se comparan con el total de pares posibles de la matriz (1,301,881) $\% \text{ Pares atendidos directamente por metro del total}_{con \text{ proyecto}}$ $- \% \text{ Pares atendidos directamente por metro del total}_{sin \text{ proyecto}}$
Naturaleza	Cuantitativo
Unidad de medición	% de pares OD atendidos
Visualización	Gráficos de barras que representen la cantidad estimada.
Nivel	Ciudad
Calificación	La alternativa con mayor porcentaje de pares atendidos obtiene mayor puntaje.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- Balance de línea

Este indicador es una medida del balance operativo de la línea, entre más balanceada esté la carga máxima horaria de pasajeros por sentido mayor eficiencia operativa tendrá el sistema. Balance de pasajeros por sentido

Tabla 4.33: Indicador balance de línea

Ítem	Descripción
Objetivo	Medir la eficiencia del uso de la flota del metro
VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS)	Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado.
Naturaleza	Cuantitativo
Metodología de cálculo	$\frac{\text{carga max sent menos cargado}_{L1} Lon_{L1} + \text{carga max sent menos cargado}_{L2} Lon_{L2}}{\text{carga max sent mas cargado}_{L1} Lon_{L1} + \text{carga max sent mas cargado}_{L2} Lon_{L2}}$
Unidad de medición	Índice de balance de línea (adimensional)
Visualización	Gráficos de barras que representen la cantidad estimada
Nivel	Ciudad
Calificación	La alternativa con índice de balance más cercano a 1 obtiene mayor puntaje.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Integración modal

4.159 Se refiere a la integración del proyecto con la red de transporte público de mayor capacidad de la ciudad (Metro, Regiotram y TransMilenio), además, del impacto que tendrá en el descongestionamiento de la red de transporte público de la ciudad.

- Intermodalidad en el servicio de transporte masivo

4.160 Corresponde al número de trasbordos en el sistema entre los modos de mayor capacidad: Metro, Regiotram y TransMilenio.

Tabla 4.34: Indicador Intermodalidad en el servicio de transporte masivo

Ítem	Descripción
Objetivo	Medir la relación del sistema metro con los otros sistemas de transporte masivo de la ciudad (TransMilenio y Regiotram).
VARIABLES del indicador (entradas)	Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado.
Metodología de cálculo	Se suman los trasbordos de Metro a TransMilenio, TransMilenio a Metro, Metro a Regiotram y Regiotram a Metro $Transbordos_{con\ proyecto} - Transbordos_{sin\ proyecto}$
Unidad de medición	Trasbordos/HPAM
Visualización	Gráficos de barras que representen la cantidad estimada.
Nivel	Ciudad
Calificación	La alternativa con mayor cantidad de trasbordos obtiene mayor puntaje.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- Descongestionamiento de la red de transporte masivo

4.161 Mide el nivel de saturación de la red de transporte público de la ciudad, con la implementación del proyecto.

Tabla 4.35: Indicador descongestionamiento de la red de transporte masivo

Ítem	Descripción
Objetivo	Medir como la alternativa evaluada ayuda a descongestionar el sistema de transporte masivo y mejorar la calidad del servicio.
VARIABLES del indicador (entradas)	Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado.
Metodología de cálculo	Se estima la relación volumen capacidad para cada uno de arcos que conforman la red de transporte masivo y se cuentan los km-sentido que tengan una relación mayor a 0.8, que son considerados km saturados. $km\ saturados_{sin\ proyecto} - km\ saturados_{con\ proyecto}$
Unidad de medición	Km extra no saturados
Visualización	Gráficos de barras que representen la cantidad estimada.
Nivel	Ciudad

Ítem	Descripción
Calificación	La alternativa con mayor cantidad de km extra no saturados obtiene mayor puntaje.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Componente financiero

Costos de Inversión

- 4.162 Se refiere a la relevancia que tiene en la implementación del sistema el orden de magnitud de los costos asociados a la inversión para su construcción.

Tabla 4.36: Indicador de costos de inversión

Ítem	Descripción
Objetivo	Determinar costos por kilómetro de cada una de las alternativas planteadas, para la presente etapa.
VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS)	Se toman como referencia para establecer indicadores de costos los siguientes documentos: <ul style="list-style-type: none"> • Estructuración técnica de 1 de la primera línea del metro de la Ciudad Bogotá. • Estudio comparativo de alternativas de ejecución por tramos y tipologías para la primera línea de Bogotá. • Línea 3 del tren ligero y datos de instalación Guadalajara 2018 • Resumen Ejecutivo Primera Línea Metro de Bogotá -Bogotá Humana (L1)
Metodología de cálculo	Se estimó el presupuesto basado en los indicadores de las actividades propias de obra, sistemas férreos y se complementan con valores de AIU, Interventoría, global en predios, Social, Plan de Manejo de Transito y Estudios y Diseños,
Unidad de medición	Valor de la línea por Km subterráneo, elevado y a nivel.
Naturaleza	Cuantitativo
Visualización	Archivo de Excel, con toda la información contenida
Nivel	Ciudad
Calificación	Costo de alternativa por km, donde se determinará con calificación de mayor a menor costo.

- 4.163 Por ser una etapa anterior al inicio de los estudios de prefactibilidad, la estructuración del presupuesto se realizó usando el método de valoración por índices de precios, en este sentido, y para mayor claridad, se utilizó la referencia de “VALOR ESTIMADO DE REFERENCIA POR KILOMETRO”.
- 4.164 Para la evaluación inicial de las alternativas, los costos directos se establecieron según costos de proyectos similares tomando principalmente los valores definidos en el documento Estudios de alternativas para optimizar el diseño de la PLMB-T1, el presupuesto estimado en el documento Memoria de Estimativos: CAPEX de diciembre de 2018, así como la base de datos que cuenta el Consultor para este tipo de proyectos.

- 4.165 Teniendo en cuenta que la información de entrega presenta costos de diferentes periodos de tiempo, se tomó para la actualización el valor del salario mínimo mensual vigente de cada año de elaboración de cada proyecto y se llevó hasta el año 2020.
- 4.166 La valoración del costo indirecto se tomó principalmente del análisis realizado en el año 2016 en el Estudios de alternativas para optimizar el diseño de la PLMB-T1 que analizó proyectos anteriores ejecutados como el desarrollado por el Consorcio L1 y se validaron con los proyectos en ejecución.
- 4.167 Para el caso puntual de la estación de integración modal (PLMB-T1 – TransMilenio – Nueva Línea Metro), se tomó como referencia la basa de datos del consultor y en especial el proyecto Grand Paris Express, actualmente en ejecución.
- 4.168 Para los componentes asociados a la ejecución del contrato como el Plan de Manejo Ambiental (PMA), Plan de Manejo Gestión Social (PGS), Plan de manejo de Tráfico (PMT), Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST), se tomaron los porcentajes definidos en el análisis realizado en el año 2016 para el Estudios de alternativas para optimizar el diseño de la PLMB-T1.
- 4.169 La estructuración de los valores del indicador de “Costos de Inversión proyecto metro por Km (con predios)” se definieron los siguientes capítulos:

Tabla 4.37: Capítulos del CAPEX

Descripción	Unidad
Tipología de Metro	
Subterráneo (TBM - tunnel-boring machine o trinchera)	
Viaducto	Km
A Nivel	
Material Rodante	Und
Estaciones	Und
Talleres y cocheras	Und
Urbanismo y paisajismo	Km
Obras civiles adicionales	Km
AIU – Administración, Imprevisto, Utilidad	GI
PMT – Plan de Manejo Ambiental	GI
PMT – Plan de Manejo de Tránsito	GI
Predios	GI
Estudios y Diseños	GI
Interventoría	GL

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Componente Riesgos

Riesgos arqueológicos

- 4.170 El riesgo arqueológico indica el potencial de hallazgos de zonas en donde podría presentarse descubrimientos arqueológicos y que podría generar un riesgo en la implementación del proyecto.

Tabla 4.38: Indicador riesgos arqueológicos

Ítem	Descripción
Objetivo	Identificar el posible potencial arqueológico para cada una de las alternativas.
VARIABLES del indicador (entradas)	Se determinará el potencial arqueológico para cada una de las alternativas cruzando la cartografía obtenida en datos abiertos Bogotá – IDECA sobre la estructura vial existente y a esta se le restarán las zonas que no están intervenidas tales como: calzada, andén, puentes y separadores.
Metodología de cálculo	El indicador se calcula como los kilómetros de zonas que no se encuentran intervenidos para cada una de las alternativas de trazado.
Unidad de medición	Kilómetros (Km)
Naturaleza	Cuantitativo
Visualización	Mapa y los metros lineales que tendrían un potencial de hallazgo arqueológico
Nivel	Ciudad Bogotá
Calificación	La alternativa que tenga menor longitud con potencial arqueológico es la que resulta con mejor puntuación.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.171 Para la evaluación de este indicador se tomaron las propuestas de trazado de las diferentes alternativas y se traslaparon con las zonas verdes del corredor evaluado y se le descontaron las áreas endurecidas o intervenidas como son andenes, vías, ciclorrutas y/o canales, que por tener una intervención previa es menos probable la aparición de nuevos hallazgos arqueológicos.
- 4.172 Como resultado se plantea que entre mayor sea la cantidad del trazado expuesto a estas zonas verdes, mayor será el riesgo de encontrar potenciales arqueológicos.

Vulnerabilidad a fenómenos naturales

- 4.173 Incluye la identificación de zonas de riesgo (Movimientos en masa e inundaciones) en el área de influencia directa del proyecto, lo cual puede representar un riesgo en la implementación y operación del proyecto.

Tabla 4.39: Indicador vulnerabilidad a fenómenos naturales

Ítem	Descripción
Objetivo	Identificar los sitios con riesgo de inundación y remoción en masa que cruzan las alternativas propuestas
VARIABLES del indicador (entradas)	Cartografía de Bogotá “Amenaza_MovMasaRes.751_2018” e “INUNDACION_1060_2018” obtenida en la página del IDIGER.
Metodología de cálculo	El indicador se calcula como la cantidad metros lineales del trazado que se traslapan con las zonas de inundación o remoción en masa.

Unidad de medición	Kilómetros (Km)
Naturaleza	Cuantitativo
Visualización	Mapa y los metros lineales que tendrían riesgo de inundación y remoción en masa.
Nivel	Ciudad Bogotá
Calificación	La alternativa que tenga la menor longitud con sectores de riesgo de inundación y remoción en masa es la que resulta con mejor puntuación.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.174 El indicador se calcula teniendo en cuenta la longitud que pasa en cada una de las alternativas de trazado realizando el traslape con los mapas de amenaza por remoción en masa e inundación.
- 4.175 Se presentará un mapa donde se visualizará riegos de remoción en masa e inundación interceptados por los corredores seleccionados y se determinará su longitud de afectación.

Resultados evaluación final

Componente ambiental

Impacto en dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua

- 4.176 Con base en el mapa de las fuentes hídricas de la ciudad y el trazado de cada una de las alternativas evaluadas, se identificaron, los siguientes cuerpos de agua:
- Canal Salitre
 - Canal Callejas
 - Canal Córdoba
 - Canal Molinos
 - Canal Niza
 - Canal Río Negro
 - Canal Castellana
 - Lago Club Los Lagartos
 - Canal Avenida Transversal de Suba
 - Lago Juan Amarillo
 - Canal Cafam
 - Río Juan Amarillo
 - Canal Río Nuevo
 - Canal Santa María del Lago
 - Río Bogotá
 - Canal El Virrey
 - Humedal Juan Amarillo
 - Humedal Santa Maria del Lago
 - Canal Bonanza
 - Humedal Conejera
- 4.177 En las siguientes tablas se presentan las fuentes hídricas que cruzan cada una de las alternativas:

Tabla 4.40: Fuentes de agua que se cruzan con cada alternativa

Alt	Alternativa	Tipología	No. Fuentes Hídricas que se cruzan	Fuentes hídricas identificadas
A	Calle 80 - ALO	Elevada	11	Humedal Juan Amarillo Humedal Conejera Humedal Santa Maria del Lago Río Juan Amarillo Río Bogotá Lago Juan Amarillo Canal Río Nuevo Canal Salitre Canal Bonanza Canal Cafam Canal N.N.
B	Calle 80 - ALO	Subterránea	11	Humedal Juan Amarillo Humedal Conejera Humedal Santa Maria del Lago Río Juan Amarillo Río Bogotá Lago Juan Amarillo Canal Río Nuevo Canal Salitre Canal Bonanza Canal Cafam Canal N.N.
C	Calle 80 - ALO	Subterránea	11	Humedal Juan Amarillo Humedal Conejera Humedal Santa Maria del Lago Río Juan Amarillo Río Bogotá Lago Juan Amarillo Canal Río Nuevo Canal Salitre Canal Bonanza Canal Cafam Canal N.N.
D	Calle 80 – Av. Cali	Elevada	10	Humedal Juan Amarillo Humedal Santa Maria del Lago Humedal Conejera Lago Juan Amarillo Laguna N.N. Canal Bonanza Canal Río Nuevo Canal Salitre Canal Avenida Transversal de Suba Canal N.N.
E	Calle 80 – Av. Cali	Subterránea	10	Humedal Juan Amarillo Humedal Santa Maria del Lago Humedal Conejera

Alt	Alternativa	Tipología	No. Fuentes Hídricas que se cruzan	Fuentes hídricas identificadas
				Lago Juan Amarillo Laguna N.N. Canal Bonanza Canal Río Nuevo Canal Salitre Canal Avenida Transversal de Suba Canal N.N.
F	Calle 80 – Av. Cali	Subterránea	10	Humedal Juan Amarillo Humedal Santa Maria del Lago Humedal Conejera Lago Juan Amarillo Laguna N.N. Canal Bonanza Canal Río Nuevo Canal Salitre Canal Avenida Transversal de Suba Canal N.N.
G	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Elevada	9	Humedal Juan Amarillo Humedal Santa Maria del Lago Humedal Conejera Lago Juan Amarillo Laguna N.N. Canal Río Nuevo Canal Salitre Canal Bonanza Canal Avenida Transversal de Suba
H	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Subterránea	9	Humedal Juan Amarillo Humedal Santa Maria del Lago Humedal Conejera Lago Juan Amarillo Laguna N.N. Canal Río Nuevo Canal Salitre Canal Bonanza Canal Avenida Transversal de Suba
I	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Subterránea	9	Humedal Juan Amarillo Humedal Santa Maria del Lago Humedal Conejera Lago Juan Amarillo Laguna N.N. Canal Río Nuevo Canal Salitre Canal Bonanza Canal Avenida Transversal de Suba
J	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba	Subterránea	8	Humedal Córdoba Río Bogotá Canal Molinos

Alt	Alternativa	Tipología	No. Fuentes Hídricas que se cruzan	Fuentes hídricas identificadas
				Canal Avenida Transversal de Suba Canal Córdoba Canal Río Negro Canal Castellana Canal El Virrey
K	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión L1 a Cl 100- Elevada)	Elevada/Subterránea	8	Humedal Córdoba Río Bogotá Canal Molinos Canal Avenida Transversal de Suba Canal Córdoba Canal Río Negro Canal Castellana Canal El Virrey
L	Canal Rionegro – Av. Cali	A nivel / Elevada	12	Humedal Conejera Humedal Juan Amarillo Lago Club Los Lagartos Laguna N.N. Canal Santa María del Lago Canal El Virrey Lago Juan Amarillo Canal N.N. Canal Avenida Transversal de Suba Canal Río Negro Canal Castellana Canal Salitre
M	Canal Rionegro – Av. Cali	A nivel / Elevada	12	Humedal Conejera Humedal Juan Amarillo Lago Club Los Lagartos Canal Santa María del Lago Canal El Virrey Lago Juan Amarillo Canal N.N. Canal Avenida Transversal de Suba Canal Río Negro Canal Castellana Canal Salitre
N	Autonorte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a Cl 100)	Elevada / Subterránea	14	Humedal Córdoba Humedal Conejera Humedal Juan Amarillo Lago Juan Amarillo Laguna N.N. Canal Molinos Canal Niza Canal El Virrey Canal Río Negro Canal Castellana Canal N.N.

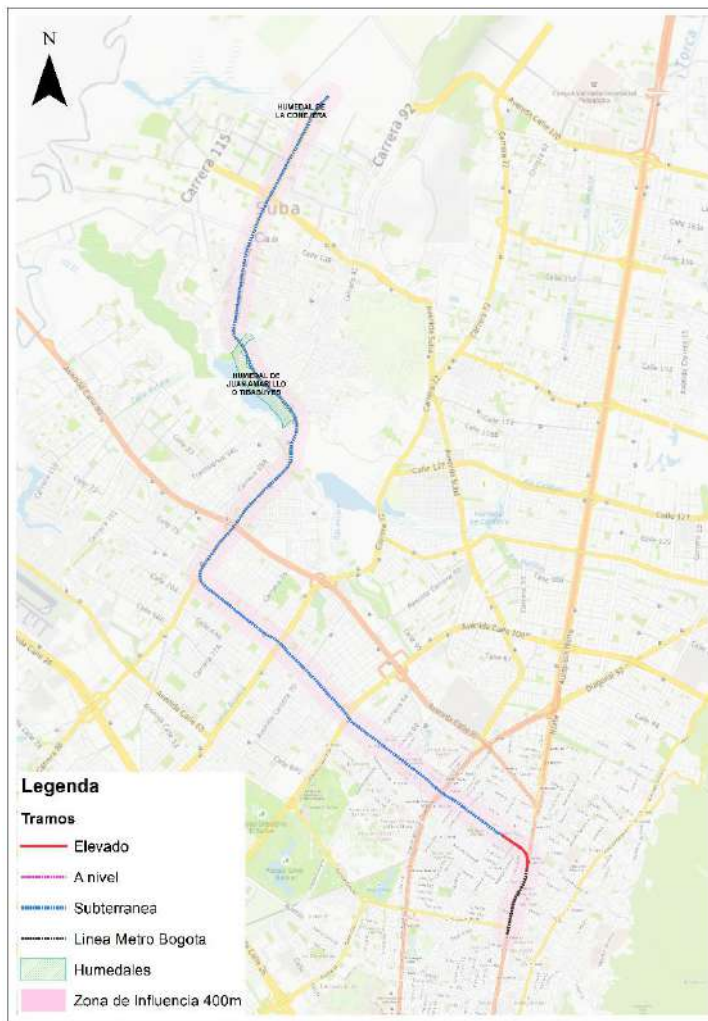
Alt	Alternativa	Tipología	No. Fuentes Hídricas que se cruzan	Fuentes hídricas identificadas
				Canal Callejas Canal Córdoba Canal Avenida Transversal de Suba
O	Autonorte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Cali	Elevada / Subterránea	14	Humedal Córdoba Humedal Conejera Humedal Juan Amarillo Lago Juan Amarillo Canal Molinos Canal Niza Canal El Virrey Canal Río Negro Canal Castellana Canal N.N. Canal Callejas Canal Cordoba Canal Avenida Transversal de Suba
P	Cl 72 – Av. Cali	Subterránea	7	Humedal Juan Amarillo Humedal Conejera Lago Juan Amarillo Laguna N.N. Canal Salitre Canal Avenida Transversal de Suba Canal N.N.
Q	Ext Línea 1 hasta Cl 100. Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	Subterránea	13	Humedal Conejera Humedal Juan Amarillo Humedal Santa Maria del Lago Lago Juan Amarillo Laguna N.N. Canal Río Nuevo Canal Río Negro Canal Salitre Canal Castellana Canal El Virrey Canal Bonanza Canal Avenida Transversal de Suba Canal N.N.
R	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	Elevada/Subterránea	13	Humedal Conejera Humedal Juan Amarillo Humedal Santa Maria del Lago Lago Juan Amarillo Laguna N.N. Canal Río Nuevo Canal Río Negro Canal Salitre Canal Castellana Canal El Virrey Canal Bonanza

Alt	Alternativa	Tipología	No. Fuentes Hídricas que se cruzan	Fuentes hídricas identificadas
				Canal Avenida Transversal de Suba Canal N.N.

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020,

- 4.178 Se aclara que, de acuerdo con el análisis realizado en el presente estudio, al cruzar la capa de fuentes hídricas de Bogotá con las alternativas de trazado se encuentran algunos cuerpos de agua identificados como NN, para lo cual no se evidencia el nombre en la información consultada. En el anexo D se presenta los soportes del análisis ambiental realizado para el indicador.
- 4.179 En la siguiente figura se presenta la alternativa con mejor puntuación, Alternativa P CI 72 – Av. Cali, la cual tiene el menor cruce con cuerpos de agua (7 cuerpos de agua) y por tanto la mejor calificación.

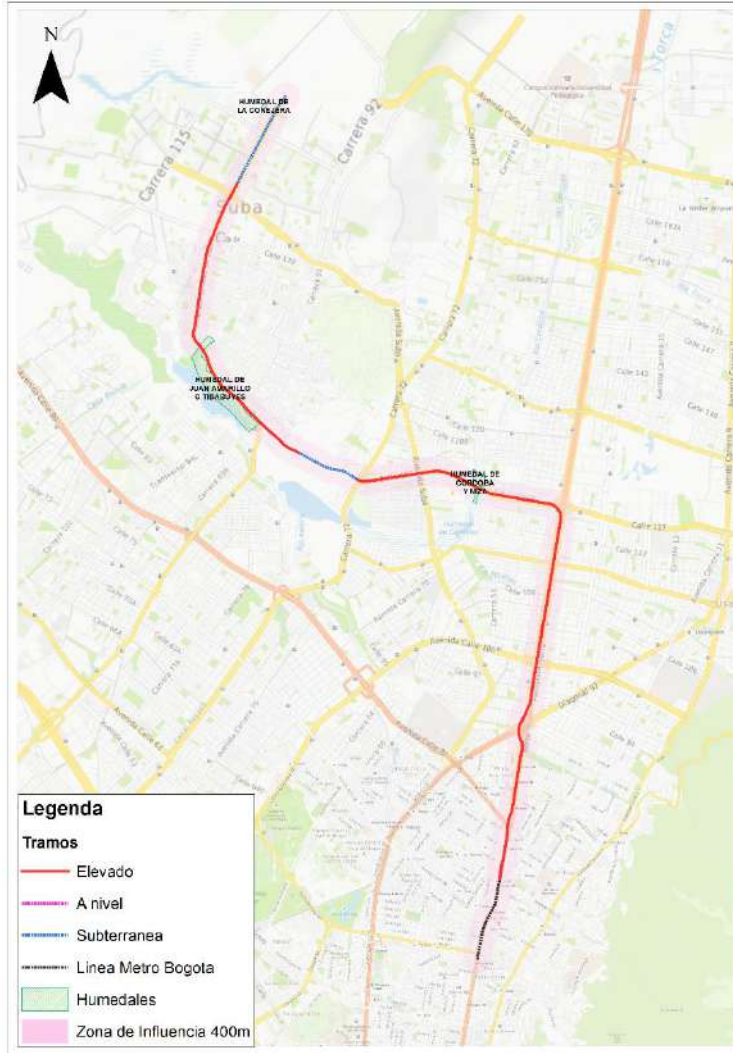
Figura 4.36: Cruce de cuerpos de agua alternativa Calle 72 Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.180 En la siguiente figura se presenta la alternativa con menor puntuación de la alternativa N Autonorte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a Cl 100), la cual tiene el mayor cruce con cuerpos de agua (14 cuerpos de agua) y por tanto la más baja calificación.

Figura 4.37: Cruce de cuerpos de agua Autonorte – Calle 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Impacto a la estructura ecológica principal

4.181 Se realizó el cruce de las alternativas con las capas de la Estructura Ecológica Principal descargadas en el visor de la Secretaria Distrital de Ambiente -SDA:

- Capa Áreas protegidas.
- Capa corredores de ronda.
- Capa cuenca alta del río Bogotá.
- Capa Franja de adecuación.
- Capa parques urbanos.

- Capa reserva forestal protectora Van Der Hammen.
- Capa ronda hidráulica.
- Capa ZMPA.

4.182 Con base en el mapa de áreas protegidas y el trazado de cada una de las alternativas evaluadas, se identificaron, los siguientes humedales:

- Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes
- Humedal de la Conejera
- Humedal de Santa Maria del lago
- Humedal de Córdoba y Niza

4.183 En las siguientes tablas se presentan las áreas de traslape con zonas de protección que cruzan cada una de las alternativas:

Tabla 4.41: Resultados indicador Impacto a la estructura ecológica principal (zonas protegidas)

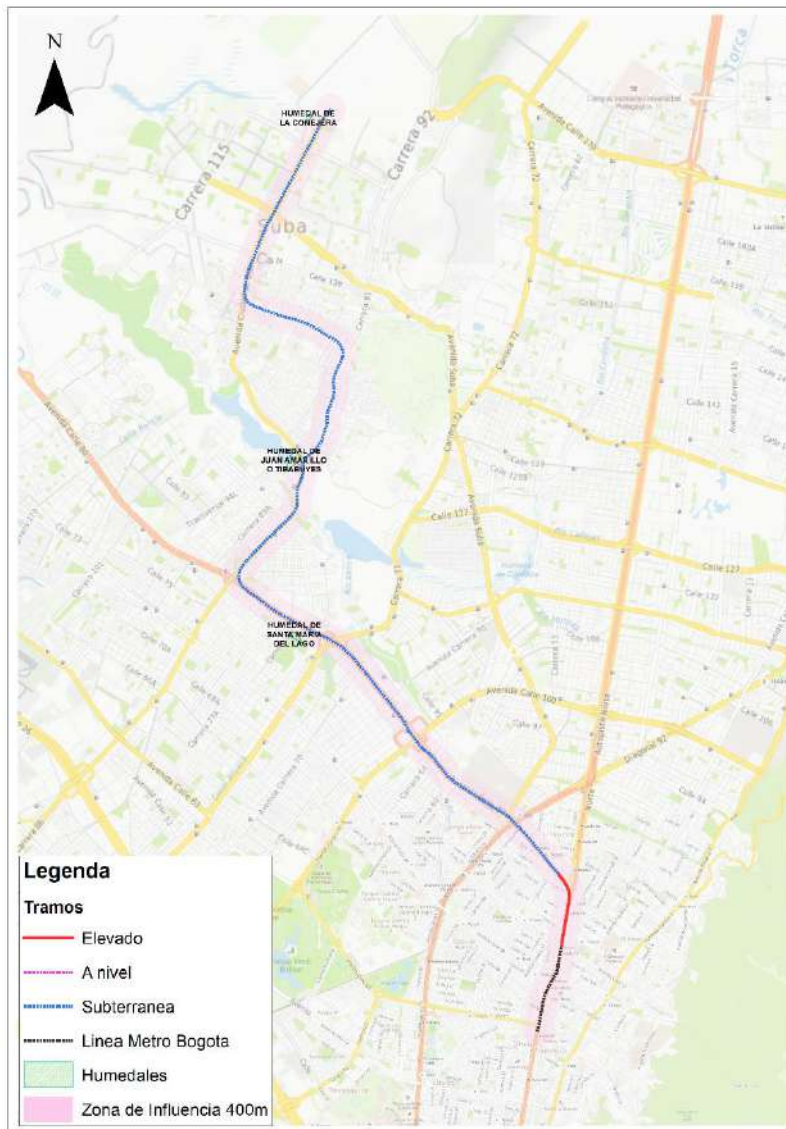
Alt.	Área de traslape	Área de traslape zonas protegidas (ha)	Áreas protegidas identificadas
A	Calle 80 - ALO	30.62	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de La Conejera Humedal de Santa Maria del Lago
B	Calle 80 - ALO	30.62	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de La Conejera Humedal de Santa Maria del Lago
C	Calle 80 - ALO	30.62	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de La Conejera Humedal de Santa Maria del Lago
D	Calle 80 – Av. Cali	27.82	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de Santa Maria del Lago Humedal de La Conejera
E	Calle 80 – Av. Cali	27.82	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de Santa Maria del Lago Humedal de La Conejera
F	Calle 80 – Av. Cali	27.82	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de Santa Maria del Lago Humedal de La Conejera
G	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av.Cali	4.02	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de Santa Maria del Lago Humedal de La Conejera
H	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av.Cali	4.02	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de Santa Maria del Lago Humedal de La Conejera
I	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	4.02	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de Santa Maria del Lago Humedal de La Conejera
J	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba	6.95	Humedal de Córdoba Y Niza

Alt.	Área de traslape	Área de traslape zonas protegidas (ha)	Áreas protegidas identificadas
K	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión L1 a CI 100-Elevada)	6.95	Humedal de Córdoba Y Niza
L	Canal Rionegro – Av. Cali	26.69	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de La Conejera
M	Canal Rionegro – Av. Cali	26.69	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de La Conejera
N	Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a CI 100)	30.69	Humedal de Córdoba Y Niza Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de La Conejera
O	Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali	31.31	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de Córdoba Y Niza Humedal de La Conejera
P	CI 72 – Av. Cali	26.69	Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de La Conejera
Q	Ext Línea 1 hasta CI 100. Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	27.82	Humedal de La Conejera Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de Santa Maria del Lago
R	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	27.82	Humedal de La Conejera Humedal de Juan Amarillo o Tibabuyes Humedal de Santa Maria del Lago

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.184 En la siguiente figura se presenta la alternativa I Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali con menos áreas (4.02 ha) de traslape con zonas protegidas:

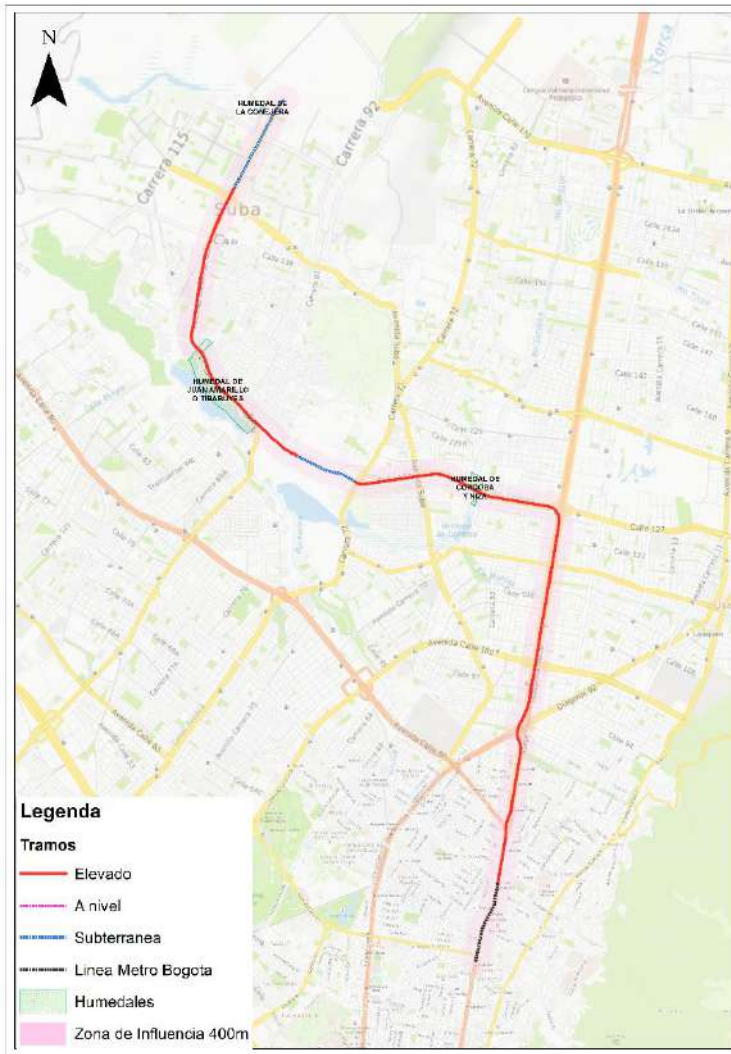
Figura 4.38: Traslape zonas protegidas alternativa Calle 80 – Av. Ciudad de Cali – Av. Rincón – Av. Tabor - Av. Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.185 En la siguiente figura se presenta para la alternativa O Autonorte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Cali con mayor área de traslape (31.31 ha) con zonas protegidas:

Figura 4.39: Traslape zonas protegidas alternativa Autonorte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Cali Calle 80 – Av. Ciudad de Cali – Av. Rincón – Av. Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.186 Basados en el mapa de parques urbanos y el trazado de cada una de las alternativas evaluadas, se identificaron, los siguientes parques urbanos:

- Parque San Andrés
- Parque Fontanar del Río
- Parque del río negro
- Parque Bonanza
- Parque La Serena
- Parque Niza XII
- Parque el virrey- el chico
- Parque del indio o de las cometas
- Parque La Estación
- Parque Alcázares

4.187 En las siguientes tablas se presentan las áreas de traslape con parques urbanos que cruzan cada una de las alternativas:

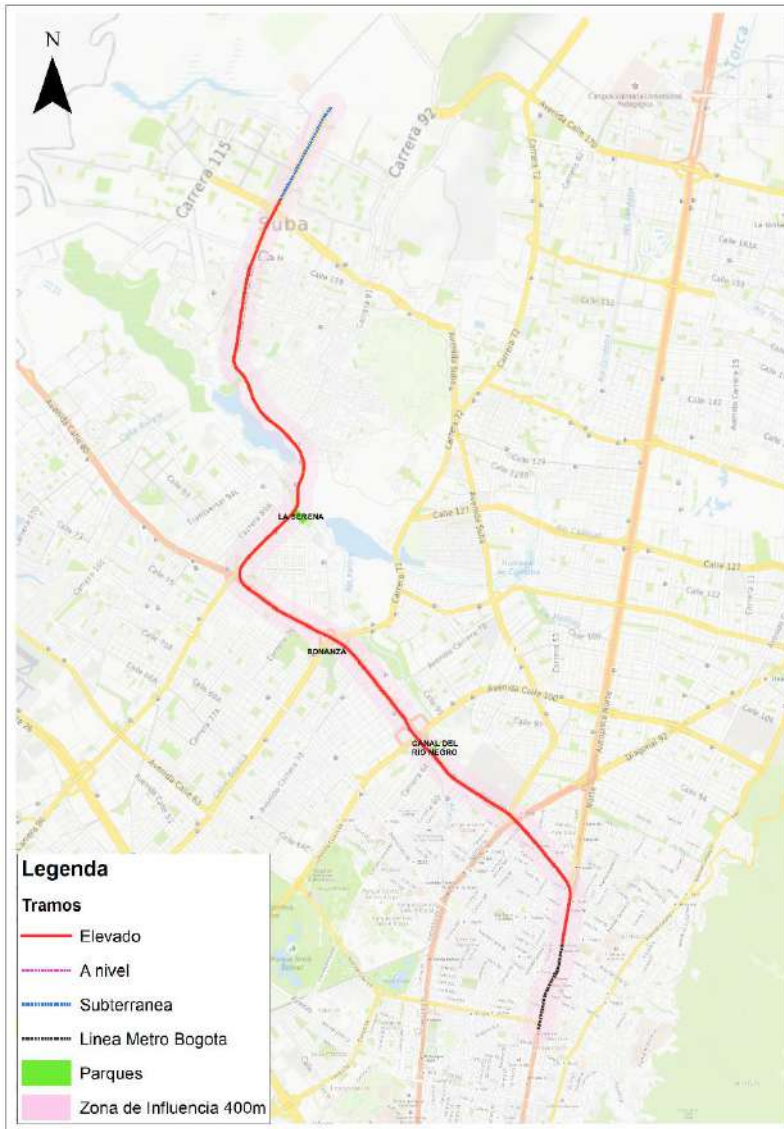
Tabla 4.42: Resultados traslape de Alternativas con parques urbanos

N o. de A l t.	Descripción de alternativa	Área de traslape con parques urbanos (Ha)
A	Calle 80 – ALO	8.18
B	Calle 80 – ALO	8.18
C	Calle 80 – ALO	8.18
D	Calle 80 – Av. Cali	2.64
E	Calle 80 – Av. Cali	2.64
F	Calle 80 – Av. Cali	2.64
G	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	2.64
H	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	2.64
I	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	2.64
J	Autopista Norte – Calle 100 – Av. Suba	10.21
K	Autopista Norte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión L1 a CI 100-Elevada)	10.21
L	Canal Rionegro – Av. Cali	17.25
M	Canal Rionegro – Av. Cali	17.25
N	Autopista Norte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a CI 100)	13.49
O	Autopista Norte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali	13.1
P	CI 72 – Av. Cali	3.39
Q	Autopista Norte - Calle 100 – Av. 68 - Calle 80 - Av. Cali (con extensión L1 a CI 100)	6.01
R	Autopista Norte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	6.01

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.188 En la siguiente figura se presenta una de las alternativas Calle 80 – Av. Cali con menos áreas (2.64 ha) de traslape con parques urbanos:

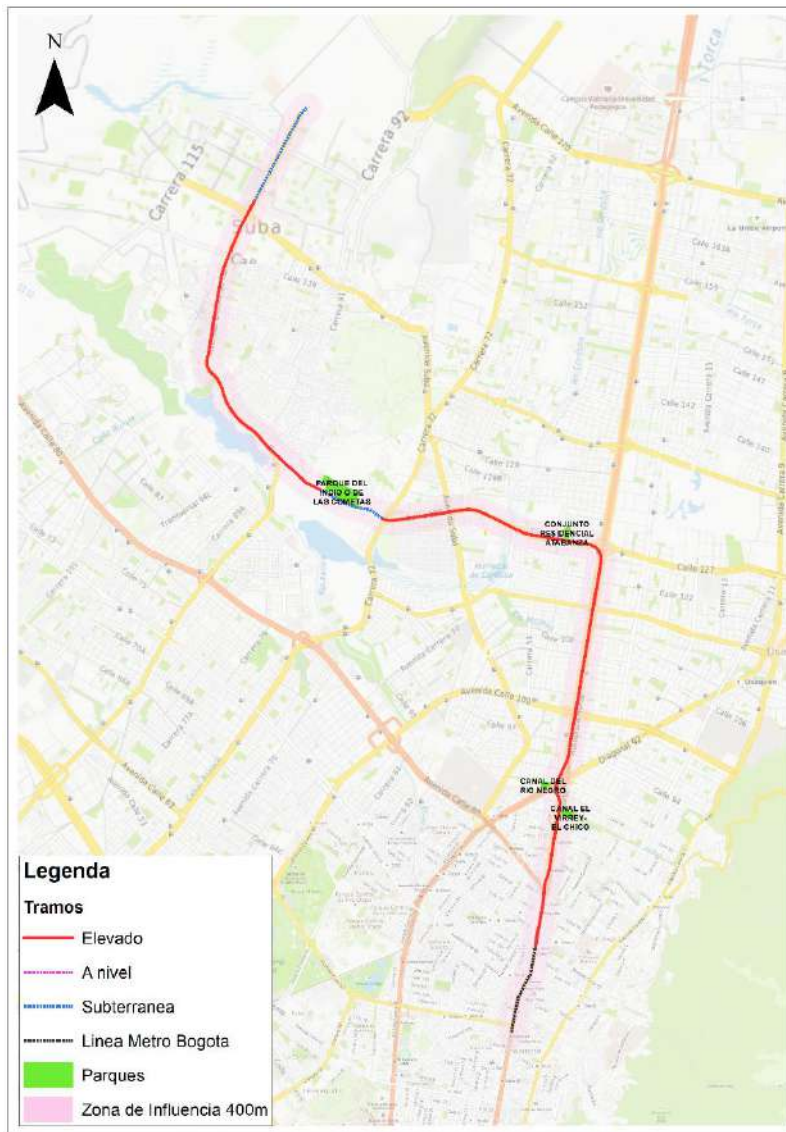
Figura 4.40: Traslape parques urbanos alternativa D Calle 80 - Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.189 En la siguiente figura se presenta la alternativa N Autonorte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a Cl 100) con mayor área (13.49 ha) de traslape con parques urbanos:

Figura 4.41: Traslape parques urbanos alternativa Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a CI 100)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.190 Con base en el mapa de corredores ecológicos, Área de Manejo Especial del Río Bogotá y el trazado de cada una de las alternativas evaluadas, se identificaron, los siguientes corredores ecológicos:

- Corredor ecológico Humedal Juan Amarillo
- Corredor ecológico Humedal Córdoba
- Corredor ecológico Canal Río Negro
- Corredor ecológico Canal Molinos
- Corredor ecológico Canal Salitre

4.191 En las siguientes tablas se presentan las áreas de traslape con corredores ecológicos y Área de Manejo Especial del Río Bogotá que cruzan cada una de las alternativas:

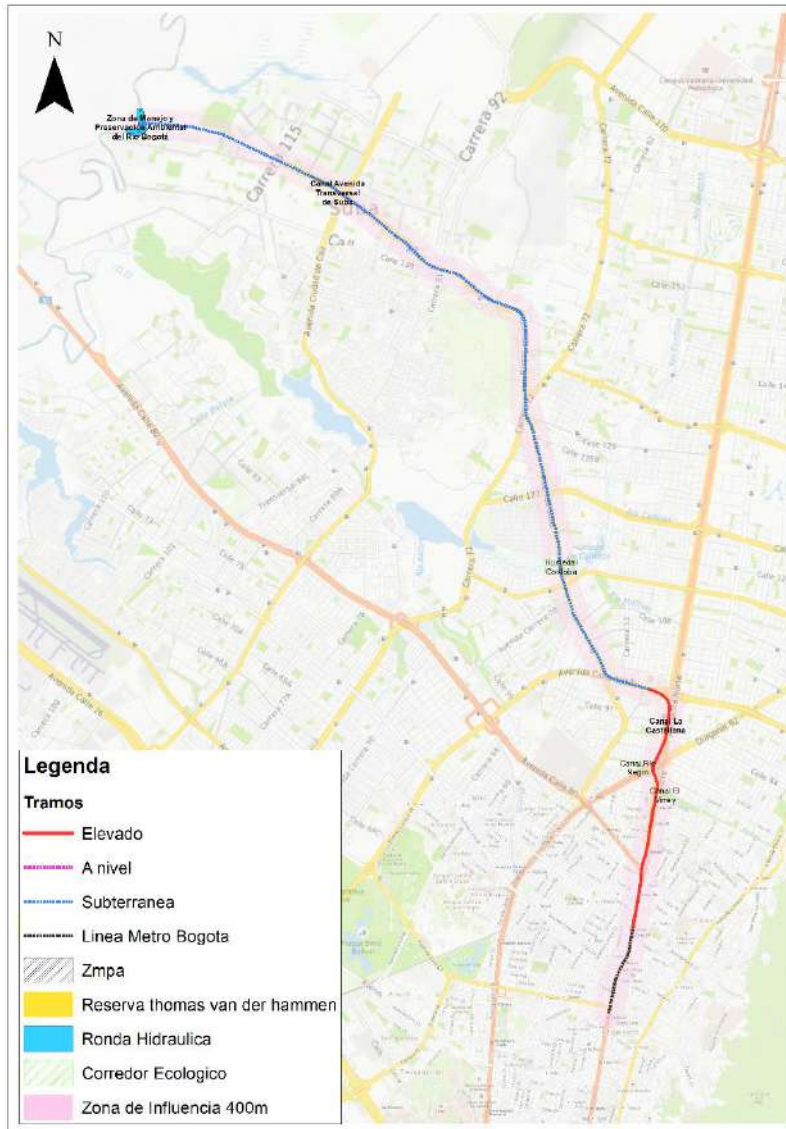
Tabla 4.43: Resultados traslape de Alternativa con corredores ecológicos

Alternativa	descripción de Alternativa	Área de Traslape con corredores ecológicos y manejo Río Bogotá (Ha)
A	Calle 80 – ALO	33.73
B	Calle 80 – ALO	33.73
C	Calle 80 – ALO	33.73
D	Calle 80 – Av. Cali	44.99
E	Calle 80 – Av. Cali	44.99
F	Calle 80 – Av. Cali	44.99
G	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	21.44
H	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	21.44
I	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	21.44
J	Autopista Norte – Calle 100 – Av. Suba	12.47
K	Autopista Norte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión L1 a Cl 100-Elevada)	12.47
L	Canal Rionegro – Av. Cali	101.22
M	Canal Rionegro – Av. Cali	101.22
N	Autopista Norte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a Cl 100)	49.09
O	Autopista Norte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Cali	49.45
P	Cl 72 – Av. Cali	49.85
Q	Ext Línea 1 hasta Cl 100. Autopista Norte - Calle 100 – Av. 68 - Calle 80 - Av. Cali	51.92
R	Autopista Norte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	51.92

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.192 En la siguiente figura se presenta la alternativa J Autonorte – Calle 100 – Av. Suba, la cual presenta menos áreas (12.47 ha) de traslape con corredores ecológicos y Área de Manejo Especial del Río Bogotá:

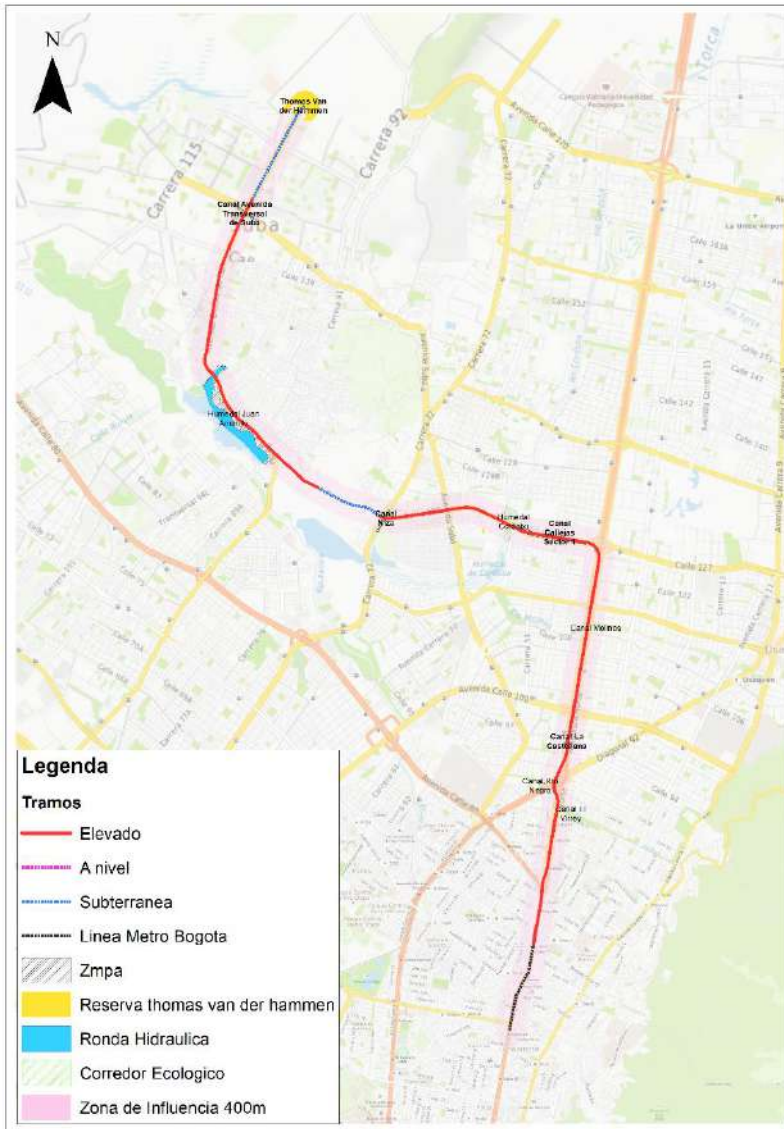
Figura 4.42: Traslape con corredores ecológicos alternativa J AutoNorte – Calle 100 – Av. Suba



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.193 En la siguiente figura se presenta para las alternativas L y M Canal Rionegro – Av. Cali con mayor área (101.22ha) de traslape con corredores ecológicos y Área de Manejo Especial del Río Bogotá:

Figura 4.43:Traslape con corredores ecológicos alternativa Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali



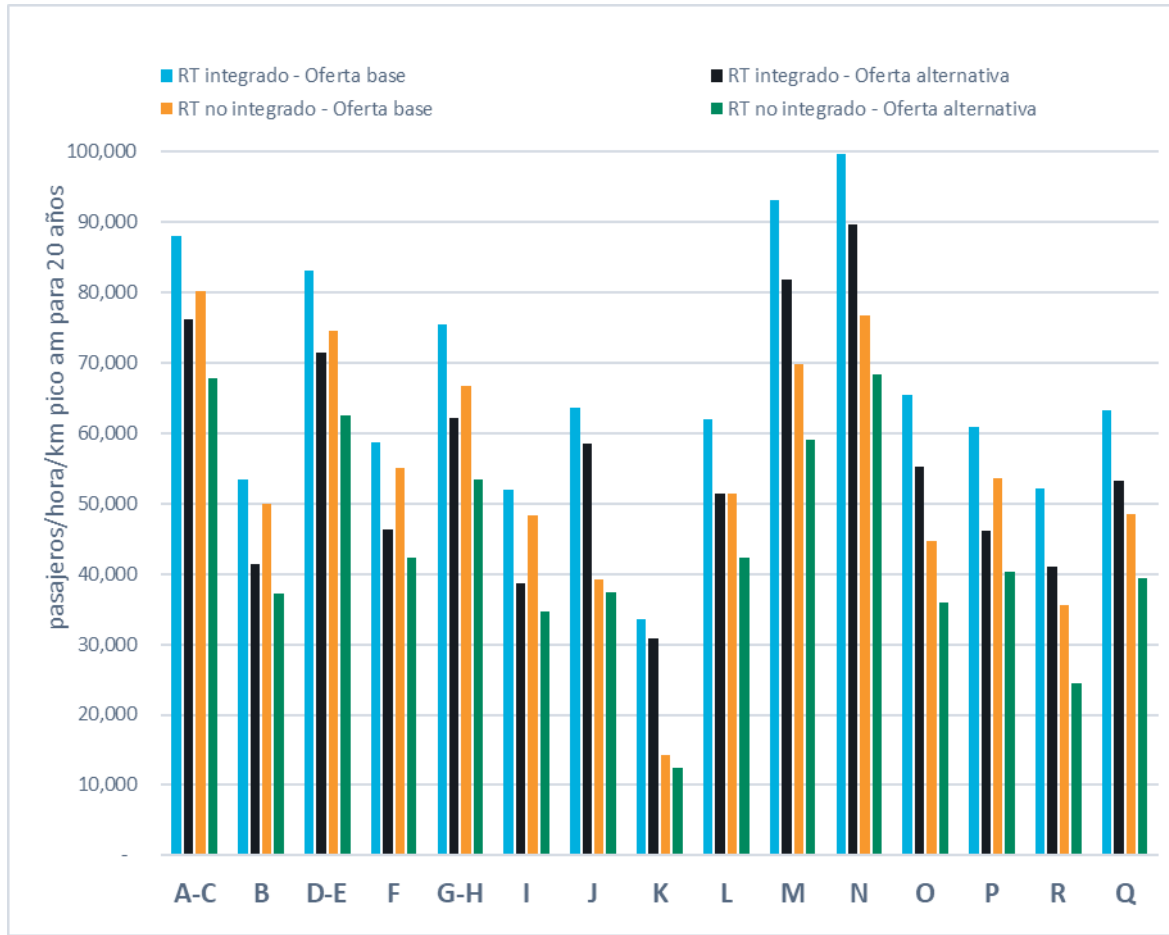
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Componente Beneficios sociales

Pasajeros transportados en metro

4.194 Al comparar los resultados del indicador entre las alternativas se ve que la alternativa de peor desempeño es la del trazado de la alternativa Q: Autonorte – Calle 100 – Av. Suba con línea independiente que muestra una cantidad menor de pasajeros-hora-km, rondando los 20,000. La mayoría de las alternativas están entre los 60,000 y 100,000 pasajeros-hora. Las alternativas que mejor desempeño presentan son las alternativas M: Canal Rionegro – Cali y N: Autonorte – Calle 127 – Av. Rincón, superando los 90,000 para el escenario de Regiotram integrado y la oferta base.

Figura 4.44: Pasajeros/ hpam/km extra en metro



Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.195 A continuación, se encuentra la tabla de resumen de los resultados de las evaluaciones para este indicador.

Tabla 4.44: Resultados para cada alternativa del indicador pasajeros transportados en metro

ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
A	Cl 80 - ALO -- Extensión	87,980	76,243	80,180	67,865
B	Cl 80 - ALO -- Nueva	53,378	41,442	49,939	37,236
C	Cl 80 - ALO -- Extensión	87,980	76,243	80,180	67,865
D	Cl 80 - Cali -- Extensión	83,033	71,358	74,576	62,433
E	Cl 80 - Cali -- Extensión	83,033	71,358	74,576	62,433
F	Cl 80 - Cali -- Nueva	58,753	46,28	55,096	42,270

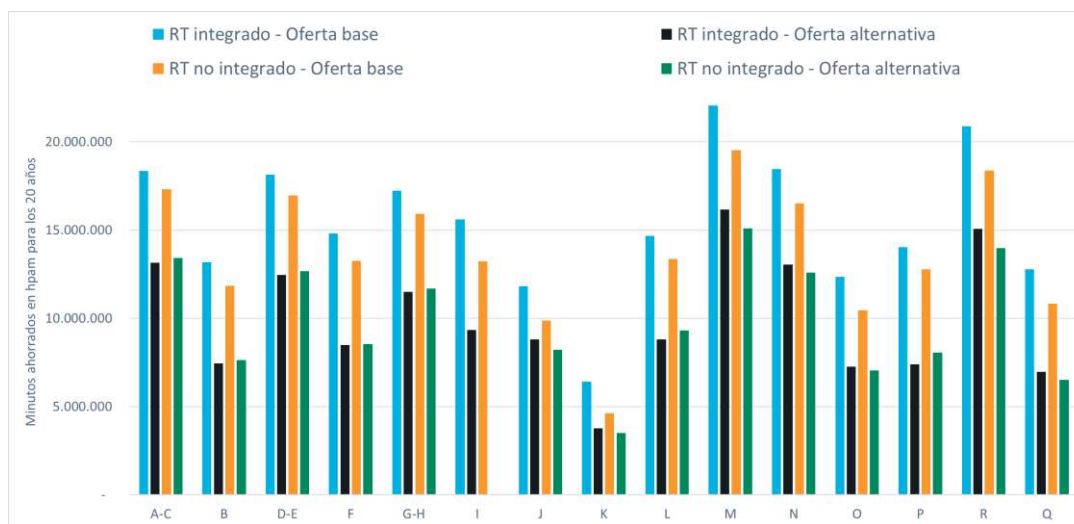
ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
G	Cl 80 - Cali - Rincón -- Extensión	75,426	62,186	66,666	53,485
H	Cl 80 - Cali - Rincón -- Extensión	75,426	62,186	66,666	53,485
I	Cl 80 - Cali - Rincón -- Nueva	52,035	38,638	48,279	34,659
J	Autonorte – Cl 100 – Av. Suba -- Extensión	63,516	58,474	39,284	37,413
K	Autonorte – Cl 100 – Av. Suba -- Nueva	33,523	30,791	14,315	12,506
L	Canal Rionegro - Cali -- Nueva	61,914	51,444	51,387	42,289
M	Canal Rionegro - Cali -- Extensión	93,133	81,875	69,782	59,054
N	Autonorte -Cl 127 - Rincón - Cali -- Nueva	65,337	55,233	44,698	35,951
O	Autonorte -Cl 127 - Rincón - Cali -- Extensión	99,676	89,652	76,652	68,418
P	Calle 72 - Cali	60,909	46,120	53,610	40,294
Q	Autonorte - Cl 100 - Av. 68 -Cl 80 - Cali -- Nueva	63,277	53,241	48,461	39,365
R	Autonorte - Cl 100 - Av. 68 -Cl 80 - Cali -- Extensión	52,188	41,007	35,595	24,496

Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.196 Las alternativas para los escenarios integrados muestran mejores indicadores de pasajeros transportados, dado que el modelo incorpora una penalidad por el trasbordo.
- Ahorro de tiempo de viaje en transporte público*
- 4.197 Los resultados del indicador de ahorros en tiempo de viaje en transporte público reflejan un menor nivel de ahorro en la alternativa K: Autonorte – Calle 100 – Av. Suba con línea independiente, representando un ahorro inferior a los 5 millones de minutos.
- 4.198 Las alternativas de mayor desempeño son la M: Canal Rionegro – Cali y R: Autonorte - Cl 100 - Av. 68 -Cl 80 – Cali, las dos alternativas con extensión de la primera línea, rondando un ahorro de 20 millones de minutos en los 20 años de análisis. El orden de magnitud de los ahorros en tiempo son millones de minutos, debido a que es la sumatoria del ahorro de tiempo de todos los viajes realizados en transporte público para los 20 años.

4.199 En todos los corredores se observa una tendencia decreciente considerable del ahorro en tiempo de viaje de las alternativas con línea independiente.

Figura 4.45: Ahorro de tiempo de viaje en transporte público



Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.200 A continuación, se encuentra la tabla de resumen de los resultados de las evaluaciones para este indicador.

Tabla 4.45: Resultados para cada alternativa del indicador Ahorro de tiempo de viaje en transporte público

ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
A	Cl 80 - ALO -- Extensión	18,354,660	13,158,480	17,299,169	13,407,684
B	Cl 80 - ALO -- Nueva	11,382,747	5,863,797	10,845,450	6,816,295
C	Cl 80 - ALO -- Extensión	18,354,660	13,158,480	17,299,169	13,407,684
D	Cl 80 - Cali -- Extensión	18,124,269	12,460,719	16,953,582	12,667,548
E	Cl 80 - Cali -- Extensión	18,124,269	12,460,719	16,953,582	12,667,548
F	Cl 80 - Cali -- Nueva	13,000,774	6,895,111	12,267,749	7,744,980
G	Cl 80 - Cali - Rincón -- Extensión	17,239,638	11,498,161	15,925,396	11,687,578
H	Cl 80 - Cali - Rincón -- Extensión	17,239,638	11,498,161	15,925,396	11,687,578
I	Cl 80 - Cali - Rincón -- Nueva	12,095,798	6,044,348	11,289,848	6,860,505
J	Autonorte -- Cl 100 -- Av. Suba -- Extensión	11,803,749	8,805,079	9,864,289	8,226,153

ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
K	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Nueva	6,407,505	3,772,855	4,627,116	3,509,640
L	Canal Rionegro - Cali -- Nueva	14,659,282	8,815,643	13,362,589	9,314,913
M	Canal Rionegro - Cali -- Extensión	22,052,497	16,173,049	19,507,957	15,103,553
N	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Nueva	12,340,705	7,253,900	10,456,790	7,034,887
O	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Extensión	18,450,834	13,053,540	16,499,315	12,599,469
P	CL 72 - Cali	14,032,275	7,381,687	12,768,805	8,066,321
Q	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Nueva	12,780,183	6,953,482	10,842,030	6,515,338
R	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Extensión	20,886,708	15,055,645	18,363,982	13,968,926

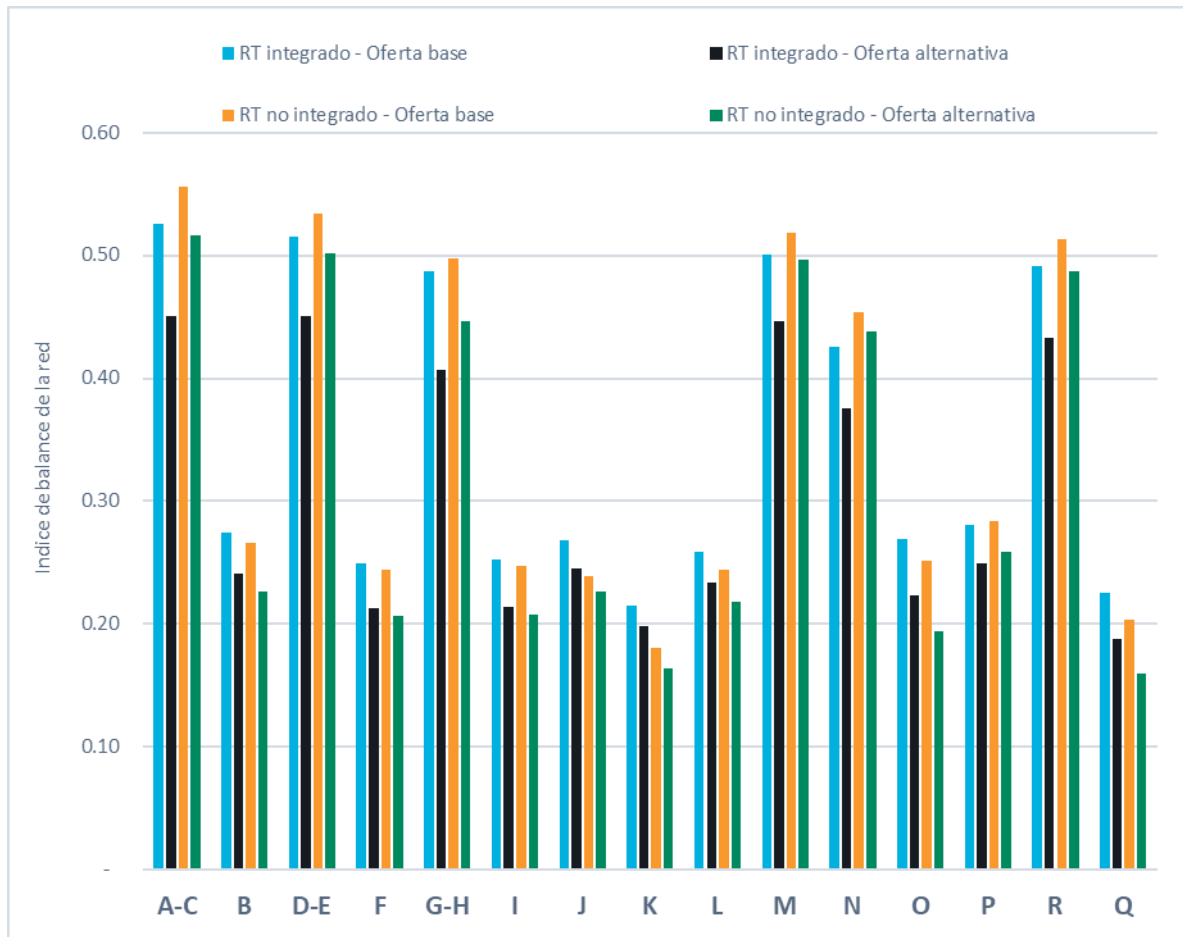
Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.201 Las alternativas con mejores resultados para el indicador de ahorros atienden viajes más largos y por considerarse extensiones de la línea 1, en el modelo de transporte, tienen más facilidad de conexión con el resto de la red, disminuyendo los tiempos y penalidad de trasbordo.

Balace de cargas del sistema metro

- 4.202 En este indicador se evidencia la ventaja de hacer una extensión de la línea existente en lugar de hacer una línea independiente, ya que las alternativas con extensión tienen un índice de balance de cargas cercano a 0.50, mientras que las alternativas con línea independiente están cerca de 0.25 (el indicador es mejor al ser más cercano a 1) de las alternativas con extensión, la mejor de mejor puntaje es la alternativa del Grupo 1: CI. 80 – ALO.

Figura 4.46: Balance de cargas en el sistema metro



Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.203 A continuación, se encuentra la tabla de resumen de los resultados de las evaluaciones para este indicador.

Tabla 4.46: Resultados para cada alternativa del indicador Balance de cargas en el sistema metro

ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
A	CI 80 - ALO -- Extensión	0.526	0.451	0.556	0.516
B	CI 80 - ALO -- Nueva	0.274	0.241	0.266	0.227
C	CI 80 - ALO -- Extensión	0.526	0.451	0.556	0.516
D	CI 80 - Cali -- Extensión	0.516	0.451	0.533	0.502
E	CI 80 - Cali -- Extensión	0.516	0.451	0.533	0.502
F	CI 80 - Cali -- Nueva	0.250	0.213	0.245	0.207
G	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	0.487	0.406	0.498	0.446

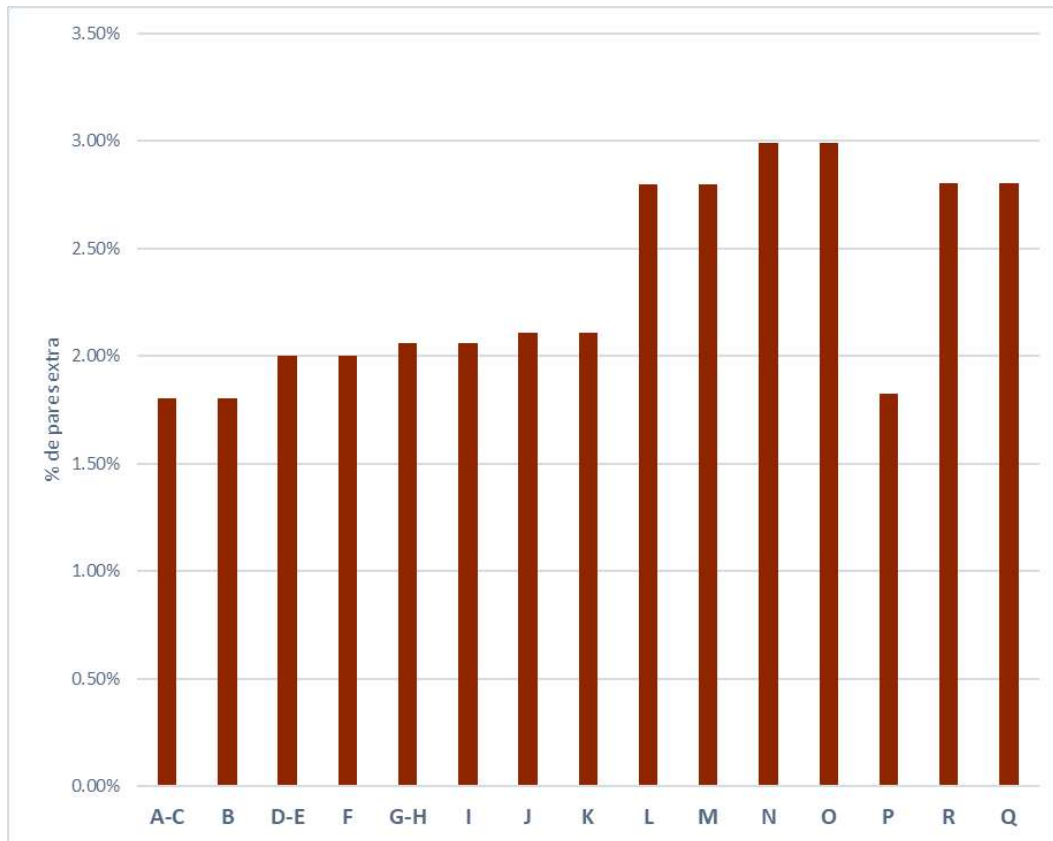
ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
H	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	0.487	0.406	0.498	0.446
I	CI 80 - Cali - Rincón -- Nueva	0.252	0.214	0.247	0.208
J	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Extensión	0.268	0.245	0.239	0.227
K	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Nueva	0.215	0.199	0.181	0.164
L	Canal Rionegro - Cali -- Nueva	0.258	0.233	0.244	0.218
M	Canal Rionegro - Cali -- Extensión	0.500	0.447	0.519	0.496
N	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Nueva	0.269	0.223	0.251	0.195
O	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Extensión	0.425	0.375	0.454	0.438
P	CL 72 - Cali	0.280	0.249	0.284	0.259
Q	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Nueva	0.225	0.188	0.204	0.159
R	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Extensión	0.491	0.433	0.513	0.487

Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

Conectividad ofertada por la red de metro:

- 4.204 En este indicador, se mide el potencial de cobertura de la alternativa, al evaluar la cantidad de pares OD extra que cubre el sistema.
- 4.205 Los resultados muestran a las alternativas del grupo Autonorte -CI 127 - Rincón – Cali como las de mejor desempeño, seguidas de cerca por las del grupo Canal Rionegro – Cali y Grupo Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali. Las de peor desempeño en el indicador son las del Grupo Calle 80 – ALO y CI 72 – Cali.

Figura 4.47: Conectividad proporcionada por la red metro



Fuente:

Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.206 A continuación, se encuentra la tabla de resumen de los resultados de las evaluaciones para este indicador.

Tabla 4.47: Resultados para cada alternativa del indicador Conectividad proporcionada por la red metro

ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
A	CI 80 - ALO -- Extensión	1.805%	1.805%	1.805%	1.805%
B	CI 80 - ALO -- Nueva	1.805%	1.805%	1.805%	1.805%
C	CI 80 - ALO -- Extensión	1.805%	1.805%	1.805%	1.805%
D	CI 80 - Cali -- Extensión	2.004%	2.004%	2.004%	2.004%
E	CI 80 - Cali -- Extensión	2.004%	2.004%	2.004%	2.004%
F	CI 80 - Cali -- Nueva	2.004%	2.004%	2.004%	2.004%
G	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	2.062%	2.062%	2.062%	2.062%
H	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	2.062%	2.062%	2.062%	2.062%
I	CI 80 - Cali - Rincón -- Nueva	2.062%	2.062%	2.062%	2.062%
J	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Extensión	2.110%	2.110%	2.110%	2.110%

ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
K	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Nueva	2.110%	2.110%	2.110%	2.110%
L	Canal Rionegro - Cali -- Nueva	2.799%	2.799%	2.799%	2.799%
M	Canal Rionegro - Cali -- Extensión	2.799%	2.799%	2.799%	2.799%
N	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Nueva	2.989%	2.989%	2.989%	2.989%
O	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Extensión	2.989%	2.989%	2.989%	2.989%
P	CL 72 - Cali	1.827%	1.827%	1.827%	1.827%
Q	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Nueva	2.803%	2.803%	2.803%	2.803%
R	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Extensión	2.803%	2.803%	2.803%	2.803%

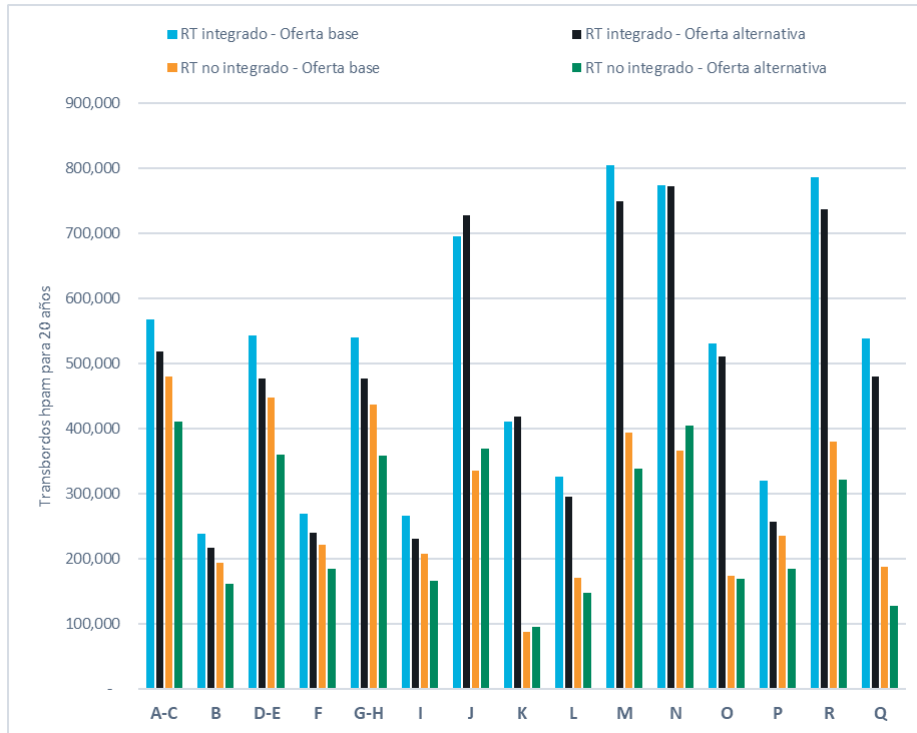
Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.207 Es importante resaltar que las diferencias para este indicador son mínimas, teniendo en cuenta que para las dos ofertas se cuenta con escenarios de infraestructura hipotéticos, con km de nuevos proyectos de transporte público en donde no se ven grandes diferencias entre los pares OD atendidos.

Intermodalidad

- 4.208 En este indicador se miden los transbordos entre los sistemas de mayor capacidad, es decir Metro, TransMilenio y Regiotram.
- 4.209 Las alternativas evaluadas en los escenarios con Regiotram integrado tienen muchos más transbordos, mostrando la importancia de esto en la intermodalidad. Las alternativas M: Canal Rionegro – Cali y R: Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 – Cali, son las de mejor desempeño, mientras que la B: Calle 80 - ALO muestra el peor desempeño.

Figura 4.48: Indicador de intermodalidad



Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.210 A continuación, se encuentra la tabla de resumen de los resultados de las evaluaciones para este indicador.

Tabla 4.48: Resultados para cada alternativa del indicador intermodalidad

ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
A	CI 80 - ALO -- Extensión	567,830	517,550	479,286	410,626
B	CI 80 - ALO -- Nueva	237,903	216,289	192,865	161,803
C	CI 80 - ALO -- Extensión	567,830	517,550	479,286	410,626
D	CI 80 - Cali -- Extensión	542,489	476,212	447,226	358,898
E	CI 80 - Cali -- Extensión	542,489	476,212	447,226	358,898
F	CI 80 - Cali -- Nueva	269,476	239,562	220,560	183,637
G	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	539,348	477,101	435,879	357,729
H	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	539,348	477,101	435,879	357,729
I	CI 80 - Cali - Rincón -- Nueva	264,956	230,243	206,509	165,469

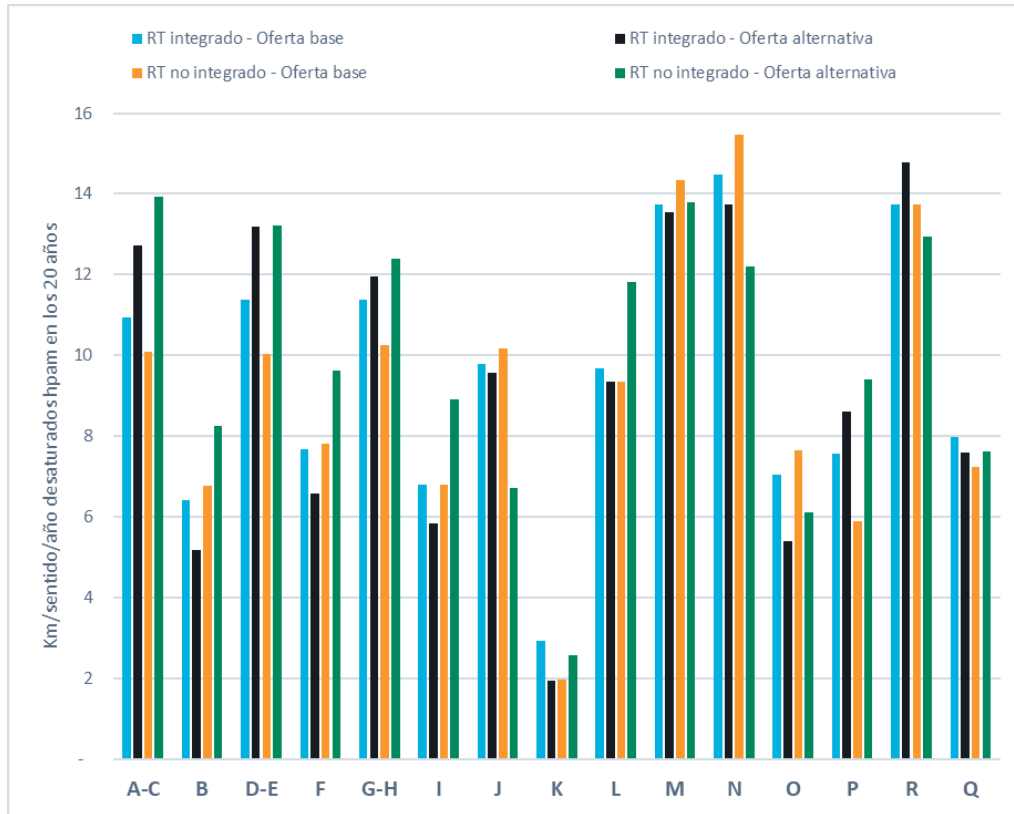
ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
J	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Extensión	694,616	727,346	334,555	368,014
K	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Nueva	410,291	418,619	87,358	94,573
L	Canal Rionegro - Cali -- Nueva	326,317	294,173	170,860	147,230
M	Canal Rionegro - Cali -- Extensión	803,616	748,514	393,782	338,355
N	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Nueva	530,962	509,868	172,814	168,467
O	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Extensión	772,804	772,238	366,345	403,365
P	CL 72 - Cali	318,881	256,623	234,468	184,770
Q	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Nueva	537,814	479,274	186,687	127,310
R	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Extensión	786,171	736,981	379,192	321,503

Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

Saturación de la red

- 4.211 En este indicador se mide la mejora en calidad de servicio por la entrada en operación de la alternativa. Las alternativas de Canal Rionegro-Cali, Autonorte-CI 100-Av. 68-CI 80-Cali, Autonorte -CI 127-Rincón-Cali con extensión de la línea, son las que más descongestionan el sistema de transporte masivo. La descongestión más significativa se presenta en los corredores de la Calle 80 y la Av. Suba para estas alternativas. La alternativa de Autonorte–CI 100–Av. Suba con línea independiente es la de peor desempeño.

Figura 4.49: Indicador de mejora en la saturación de la red de transporte masivo



Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.212 A continuación, se encuentra la tabla de resumen de los resultados de las evaluaciones para este indicador.

Tabla 4.49: Resultados para cada alternativa del indicador intermodalidad

ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
A	CI 80 - ALO -- Extensión	10.95	12.73	10.09	13.94
B	CI 80 - ALO -- Nueva	6.40	5.19	6.76	8.26
C	CI 80 - ALO -- Extensión	10.95	12.73	10.09	13.94
D	CI 80 - Cali -- Extensión	11.37	13.19	10.03	13.21
E	CI 80 - Cali -- Extensión	11.37	13.19	10.03	13.21
F	CI 80 - Cali -- Nueva	7.68	6.57	7.81	9.62
G	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	11.37	11.94	10.25	12.39
H	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	11.37	11.94	10.25	12.39
I	CI 80 - Cali - Rincón -- Nueva	6.79	5.83	6.79	8.90
J	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Extensión	9.80	9.56	10.17	6.71
K	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Nueva	2.93	1.93	1.95	2.57

ID	Alternativa	RT integrado - Oferta base	RT integrado - Oferta alternativa	RT no integrado - Oferta base	RT no integrado - Oferta alternativa
L	Canal Rionegro - Cali -- Nueva	9.67	9.36	9.34	11.81
M	Canal Rionegro - Cali -- Extensión	13.74	13.55	14.34	13.79
N	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Nueva	7.05	5.40	7.64	6.11
O	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Extensión	14.49	13.75	15.47	12.20
P	Calle 72 - Cali	7.57	8.62	5.88	9.41
Q	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Nueva	7.99	7.58	7.25	7.62
R	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Extensión	13.74	14.77	13.74	12.95

Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2020

Componente Urbano – Paisajístico

Criterio Revitalización Urbana

- Indicador potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios

- 4.213 Con este indicador se busca medir la posibilidad de que el proyecto sea un detonante que potencie el desarrollo y reconfiguración urbana. Para esta primera fase de selección de alternativas, se ha calculado a partir de un área de influencia de 800m a lado y lado del eje del trazado (ver soporte en el numeral 3.94 a 3.100 del presente documento), sumando las áreas correspondientes a tratamientos de desarrollo y Renovación Urbana, de acuerdo con la información consignada en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) en formulación¹⁷.
- 4.214 A continuación, se presenta el resultado obtenido al calcular las áreas mencionadas anteriormente en el área de influencia de cada alternativa, por medio un ranking o clasificación del total de alternativas de acuerdo con los resultados obtenidos, siendo la número 1 la que tiene mayor potencial y la 18 la que tiene menor potencial.
- 4.215 Se evidencia que las alternativas con mayor potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios son la Q y R del Grupo 8, cuyo trazado atraviesa polígonos de renovación urbana en la Autopista Norte, Calle 100, Av. 68 y Calle 80 y algunos de desarrollo en la Calle 80 y sobre la Av. Ciudad de Cali llegando al límite norte del perímetro urbano (Ver Anexo F).
- 4.216 Así mismo, se evidencia dentro del ranking obtenido, que la alternativa Calle 72 – Av. Ciudad de Cali del Grupo 7, representa ser una alternativa con alto potencial, debido a que, de acuerdo con el POT en formulación, la Calle 72 será un corredor con amplias zonas con posibilidad de

¹⁷ Dado que la ciudad en este momento se encuentra en proceso de actualización de su POT, siendo el vigente de primera generación (Decreto 190 de 2004), se toma como fuente de información para el cálculo de este indicador el shape denominado "Densidad_Adicional_Distribuida_Tratamiento", enviado por parte de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP) el día 14 de julio de 2020 bajo acuerdo de confidencialidad. En el shape en mención se plantean tanto los Tratamientos Urbanísticos de acuerdo con el modelo de ciudad proyectado, así como las densidades adicionales proyectadas por cada uno.

Renovación Urbana. En términos de desarrollo, se localizan los polígonos con esta posibilidad sobre la Av. Ciudad de Cali cómo se mencionó anteriormente (Ver Anexo F).

4.217 Por su parte, las alternativas que menor puntaje obtuvieron en esta evaluación son la A, B y C: Calle 80 – ALO del Grupo 1, pues son las que menor área dispuesta en tratamiento de desarrollo y Renovación Urbana de acuerdo con el POT en formulación presentan, en comparación con los demás trazados evaluados, lo que no quiere decir que no cuenten con áreas en los tratamientos objeto de análisis. (Ver Anexo F).

4.218 Es importante precisar que para esta fase este indicador contempla todas las alternativas como líneas independientes en términos operacionales, debido a que al incluir en los cálculos las alternativas como extensiones de la PLMB-T1, se incluirían áreas que ya están dispuestas en términos de tratamientos urbanísticos en un trazado ya definido.

Tabla 4.50: Resultados potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios – Área total de potencial

Grupo	Alt.	Trazado	Área (m2)	Ranking
8	Q	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a CI 100)	12,028,865	1
8	R	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Ciudad de Cali	12,028,865	2
7	P	CI 72 – Av. Ciudad de Cali	11,826,915	3
3	G	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	10,326,254	4
3	H	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	10,326,254	5
3	I	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	10,326,254	6
2	D	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	9,758,392	7
2	E	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	9,758,392	8
2	F	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	9,758,392	9
6	N	Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a CI 100)	9,513,965	10
6	O	Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali	9,513,965	11
4	J	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba	9,154,062	12
4	K	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión L1 a CI 100-Elevada)	9,154,062	13
5	L	Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali	9,134,851	14
5	M	Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali	9,134,851	15
1	A	Calle 80 - ALO	9,004,462	16
1	B	Calle 80 - ALO	9,004,462	17
1	C	Calle 80 - ALO	9,004,462	18

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020.

4.219 A partir de los resultados obtenidos, se ha llevado a cabo un ejercicio de normalización de las áreas resultantes con respecto a la longitud total del eje del trazado. Este paso adicional permite analizar y ponderar los resultados de acuerdo con la eficiencia y el impacto real que tendría cada

una de las alternativas, independientemente de las diferencias que existan entre las mismas en cuanto a la longitud total.

4.220 A continuación, se presentan los resultados obtenidos de área con potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios por longitud del trazado, considerando los mismos supuestos tenidos en cuenta en los resultados presentados anteriormente.

4.221 de acuerdo con lo anterior, se evidencia que la alternativa Calle 72 – Av. Ciudad de Cali pasa a ser la que mayor potencial tiene, seguido de las alternativas Q y R, mientras que las alternativas A, B y C siguen siendo las que menor potencial tienen en un orden distinto (ver Anexo F).

Tabla 4.51: Resultados potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios – Área por longitud del trazado

Alt.	Trazado	Área (m2) por Longitud (Km)	Ranking
P	Cl 72 – Av. Ciudad de Cali	800,197	1
Q	Ext Línea 1 hasta Cl 100. Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Ciudad de Cali	757,963	2
R	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Ciudad de Cali	757,963	3
G	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	707,762	4
H	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	704,864	5
I	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	704,864	6
D	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	698,525	7
E	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	695,538	8
F	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	695,538	9
L	Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali	677,157	10
M	Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali	677,157	11
N	Autonorte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a Cl 100)	626,331	12
O	Autonorte – Cl 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali	626,331	13
K	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión L1 a Cl 100-Elevada)	621,035	14
J	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba	620,614	15
B	Calle 80 - ALO	612,965	16
C	Calle 80 - ALO	612,965	17
A	Calle 80 - ALO	592,399	18

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020.

4.222 Los resultados obtenidos a partir de la normalización por longitud son los que se utilizan para el cálculo final.

Criterio impacto urbano

- Indicador Afectación de barrios con interés arquitectónico y/o urbanístico

- 4.223 Con este indicador se busca la protección de áreas de la ciudad que poseen características de valor arquitectónico y/o urbanístico. Para esta primera fase de selección de alternativas, se ha calculado a partir de un área de influencia de 800m a lado y lado del eje del trazado (ver soporte en el numeral 3.94 a 3.100 del presente documento), sumando las áreas correspondientes a tratamientos de Conservación y Consolidación, de acuerdo con la información consignada en el POT en formulación.
- 4.224 A continuación, se presenta el resultado obtenido al calcular las áreas mencionadas anteriormente en el área de influencia de cada alternativa, por medio un ranking o clasificación del total de alternativas, de acuerdo con los resultados, siendo la número 1 la que menor afectación representa y la 18 la que mayor afectación generaría.
- 4.225 Se evidencia la alternativa con menor afectación de barrios con interés arquitectónico es la P: Calle 72, siendo la que menor área de Conservación y Consolidación tiene dentro de área de influencia de su trazado. En términos de tratamiento de Conservación, se presentan dos polígonos sobre el corredor de la Calle 72, uno entre la Av. Caracas y Cra. 7 y Calles 67 – 72 aproximadamente y otro entre Carreras 57b y 54 y Calles 66 – 68 aproximadamente correspondiente al Barrio Modelo de la ciudad, mientras que, en términos de tratamiento de Consolidación, se evidencian áreas especialmente sobre la Av. Ciudad de Cali (Ver Anexo F).
- 4.226 Así mismo, se evidencia dentro del ranking obtenido, que las alternativas D, E y F: Calle 80 – Av. Ciudad de Cali, también representan ser alternativas con un área de afectación de barrios de interés arquitectónico baja, siendo el corredor de la Calle 80 un corredor en donde priman los tratamientos de Renovación Urbana y desarrollo sobre el de Consolidación y Conservación en términos de área (Ver Anexo F).
- 4.227 Por su parte, las alternativas que mayor área de afectación contienen en su área de influencia, son la J y K: Autopista Norte – Calle 100 – Av. Suba del Grupo 4, puesto que, aunque el tramo de la Autopista Norte y Calle 127 prima el tratamiento de Renovación Urbana, en la Av. Suba la mayoría de suelo dentro del área de influencia del trazado está designada al tratamiento de Consolidación (Ver Anexo F).
- 4.228 Es importante precisar que para esta fase este indicador contempla todas las alternativas como líneas independientes en términos operacionales, debido a que al incluir en los cálculos las alternativas como extensiones de la PLMB-T1, se incluyen áreas que ya están dispuestas en términos de tratamientos urbanísticos en un trazado ya definido.

Tabla 4.52: Resultados afectación de barrios con interés arquitectónico / urbanístico – Área total de afectación

Alt.	Trazado	Área Total (m2)	Ranking
P	Cl 72 – Av. Cali	9,022,055	1
D	Calle 80 – Av. Cali	10,161,646	2
E	Calle 80 – Av. Cali	10,161,646	3
F	Calle 80 – Av. Cali	10,161,646	4
G	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	10,244,188	5
H	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	10,244,188	6
I	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	10,244,188	7
L	Canal Rionegro – Av. Cali	10,296,766	8
M	Canal Rionegro – Av. Cali	10,296,766	9

Alt.	Trazado	Área Total (m2)	Ranking
Q	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali (con extensión L1 a CI 100)	10,693,535	10
R	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	10,693,535	11
N	Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a CI 100)	11,754,317	12
O	Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali	11,754,317	13
A	Calle 80 - ALO	12,580,996	14
B	Calle 80 - ALO	12,580,996	15
C	Calle 80 - ALO	12,580,996	16
J	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba	13,294,969	17
K	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión L1 a CI 100-Elevada)	13,294,969	18

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020.

- 4.229 A partir de los resultados, se ha llevado a cabo un ejercicio de normalización de las áreas resultantes con respecto a la longitud total del eje del trazado. Este paso adicional se lleva a cabo en aras de poder analizar y ponderar los resultados de acuerdo con la eficiencia y el impacto real que tendría cada una de las alternativas, independientemente de las diferencias que existan entre las mismas, en cuanto a la longitud total.
- 4.230 A continuación, se presentan los resultados obtenidos de área de afectación de barrios con interés arquitectónico por longitud del trazado, considerando los mismos supuestos tenidos en cuenta en los resultados presentados anteriormente.
- 4.231 De acuerdo con lo anterior, se evidencia que la alternativa P: CI. 72 – Av. Ciudad de Cali es la alternativa que menor área de barrios de interés arquitectónico impactaría (610,423 m2), seguido de las alternativas Q y R: Autopista Norte – Calle 100 – Av. 68 – Calle 80 (673,821 m2) y Av. Ciudad de Cali (699,262 m2). Así mismo las alternativas J y K: Autopista Norte – Calle 100 – Av. Suba (901,965 m2) siguen siendo las alternativas que mayor impacto generarían en barrios de interés arquitectónico (ver Anexo F).

Tabla 4.53: Resultados afectación de barrios con interés arquitectónico / urbanístico – Área por longitud del trazado

Alt.	Trazado	Área (m2) por Longitud (Km)	Ranking
P	CI 72 – Av. Cali	610,423	1
Q	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali (con extensión L1 a CI 100-Elevada)	673,821	2
R	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	673,821	3
H	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	699,262	4
I	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	699,262	5
G	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	702,138	6
E	Calle 80 – Av. Cali	724,280	7
F	Calle 80 – Av. Cali	724,280	8
D	Calle 80 – Av. Cali	727,391	9
L	Canal Rionegro – Av. Cali	763,289	10
M	Canal Rionegro – Av. Cali	763,289	11

Alt.	Trazado	Área (m2) por Longitud (Km)	Ranking
N	Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a CI 100)	773,819	12
O	Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali	773,819	13
A	Calle 80 - ALO	827,697	14
B	Calle 80 - ALO	856,433	15
C	Calle 80 - ALO	856,433	16
J	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba	901,354	17
K	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión L1 a CI 100-Elevada)	901,965	18

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020.

- 4.232 Los resultados obtenidos a partir de la normalización por longitud son los que se utilizan para la evaluación final de indicadores de las 18 alternativas preseleccionadas.

Componente financiero

- 4.233 El proceso de cálculo del indicado por km se realizó tomando los costos totales de los capítulos definidos anteriormente y se dividió por la longitud total del tramo diseñado y/o construido de acuerdo con el tipo de línea (TBM, Trinchera, viaducto o a nivel).
- 4.234 Para el cálculo del presente ejercicio se tomaron los valores máximos de cada una de las tipologías, dando como resultado los siguientes valores por km:

Tabla 4.54: Costos de Inversión proyecto metro por Km (con predios)

descripción	Unidad	Valor (Millones de Pesos)
Línea metro subterránea	Km	\$846,939.50
Línea metro en viaducto	Km	\$590,795.64
Línea metro a nivel	Km	\$346,562.61

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.235 La actualización de precios se realiza con SMMLV dado que es un método para que arroja un valor un poco superior al IPC (el porcentaje por el cual se afecta el salario mínimo siempre es mayor que el IPC).
- 4.236 Tomando estos valores máximos de inversión por tipología de metro se procedió a realizar el cálculo del costo de las 18 alternativas seleccionadas de acuerdo con la longitud estimada, llegando al siguiente resultado:

Tabla 4.55: Costo estimado de las alternativas

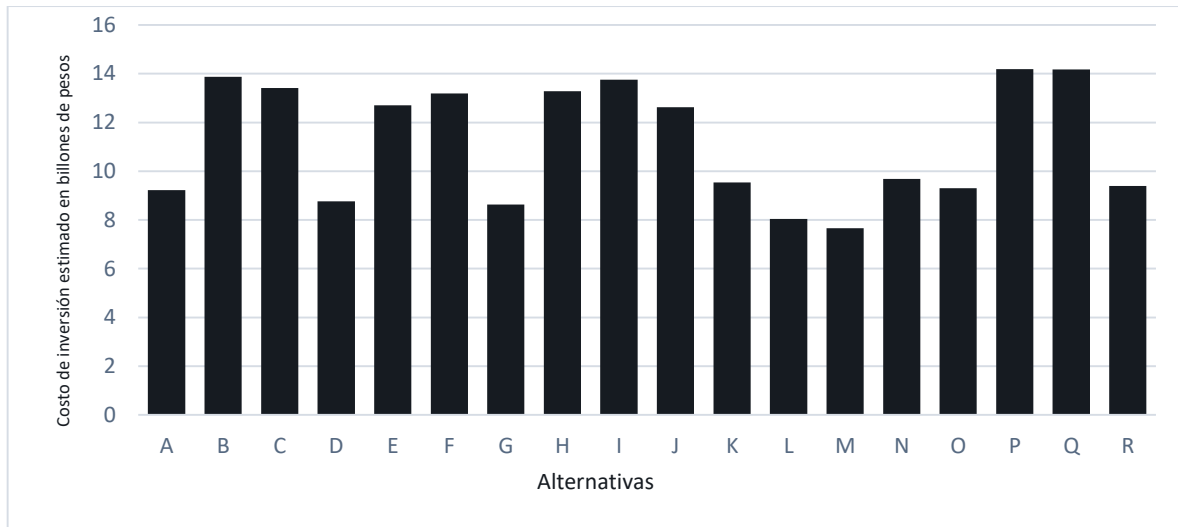
Alt.	Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Valor (Millones de Pesos)
A	Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	Elevada	\$ 9,224,233.99

Alt.	Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Valor (Millones de Pesos)
B	Calle 80 - ALO	Línea independiente	Subterránea	\$ 13,873,211.99
C	Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	Subterránea	\$ 13,405,817.39
D	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Elevada	\$ 8,761,641.47
E	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Subterránea	\$ 12,706,919.17
F	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea	\$ 13,191,139.29
G	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Elevada	\$ 8,635,443.72
H	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Subterránea	\$ 13,286,213.79
I	Calle 80 – Av. Ciudad de Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea	\$ 13,751,746.99
J	Auto Norte – Calle 100 – Av. Suba	Extensión línea 1	Subterránea	\$ 12,620,625.76
K	Auto Norte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión PLMB-T1 a CI 100-Elevada)	Línea independiente	Elevada/Subterránea	\$ 9,542,206.15
L	Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	A nivel / Elevada	\$ 8,044,253.55
M	Canal Rionegro – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	A nivel / Elevada	\$ 7,664,338.35
N	Auto Norte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali (con extensión L1 a CI 100)	Línea independiente	Elevada / Subterránea	\$ 9,682,132.95
O	Auto Norte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Ciudad de Cali	Extensión línea 1	Elevada / Subterránea	\$ 9,302,217.75
P	CI 72 – Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea	\$ 14,189,551.50
Q	Ext. PLMB-T1 hasta CI 100. Auto Norte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Ciudad de Cali	Línea independiente	Subterránea	\$ 14,176,849.96
R	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	Extensión línea 1	Elevada/Subterránea	\$ 9,393,042.62

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.237 El cálculo detallado de estos indicadores se encuentra en el Anexo A, en el cual se incluye un valor para la tipología a nivel, tomando como referencia el proyecto Regiotram de Occidente, que se desarrolla en su gran mayoría en un derecho de vía férreo en zonas urbana y rural. El proyecto de metro se desarrollará por vías 100% urbanas, lo cual que genera mayor complejidad en su ejecución. Adicionalmente, es un proyecto tranviario con diferente nivel de complejidad, por lo que se definió afectar el presupuesto factor de complejidad de 1.15.
- 4.238 En el siguiente gráfico se observa el comportamiento de los costos de las diferentes alternativas en sus grupos, siendo las alternativas del Canal Rio Negro las que tiene menor costo versus el costo de la alternativa 17 del que presenta el mayor costo:

Figura 4.50: Costos Estimados por alternativa



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.239 La calificación de este indicador nos da que la mejor alternativa corresponde a la “M” Canal “Rionegro – Av. Ciudad de Cali como una extensión de la línea 1”, con un valor estimado de \$7,664,338.35 millones de pesos, seguida de la alternativa “L” y finalizando en la alternativa “P”, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 4.56: Calificación Costo estimado de las alternativas

Calificación	Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Alternativa	Valor (Millones de Pesos)
1	Canal Rionegro – Av. Cali	Extensión línea 1	M	\$ 7,664,338.35
2	Canal Rionegro – Av. Cali	Línea independiente	L	\$ 8,044,253.55
3	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Extensión línea 1	G	\$ 8,635,443.72
4	Calle 80 – Av. Cali	Extensión línea 1	D	\$ 8,761,641.47
5	Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	A	\$ 9,224,233.99
6	Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali	Extensión línea 1	O	\$ 9,302,217.75
7	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	Extensión línea 1	R	\$ 9,393,042.62
8	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión L1 a CI 100-Elevada)	Línea independiente	K	\$ 9,542,206.15
9	Autonorte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a CI 100)	Línea independiente	N	\$ 9,682,132.95
10	Autonorte – Calle 100 – Av. Suba	Extensión línea 1	J	\$ 12,620,625.76
11	Calle 80 – Av. Cali	Extensión línea 1	E	\$ 12,706,919.17

Calificación	Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Alternativa	Valor (Millones de Pesos)
12	Calle 80 – Av. Cali	Línea independiente	F	\$ 13,191,139.29
13	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Extensión línea 1	H	\$ 13,286,213.79
14	Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	C	\$ 13,405,817.39
15	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Línea independiente	I	\$ 13,751,746.99
16	Calle 80 - ALO	Línea independiente	B	\$ 13,873,211.99
17	Autonorte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali (con extensión L1 a Cl 100-Elevada)	Línea independiente	Q	\$ 14,176,849.96
18	Cl 72 – Av. Cali	Línea independiente	P	\$ 14,189,551.50

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Componente Riesgos

4.240 En las siguientes tablas se presentan las longitudes de potencial arqueológico que cruzan cada una de las alternativas propuestas:

Tabla 4.57: Evaluación del riesgo arqueológico

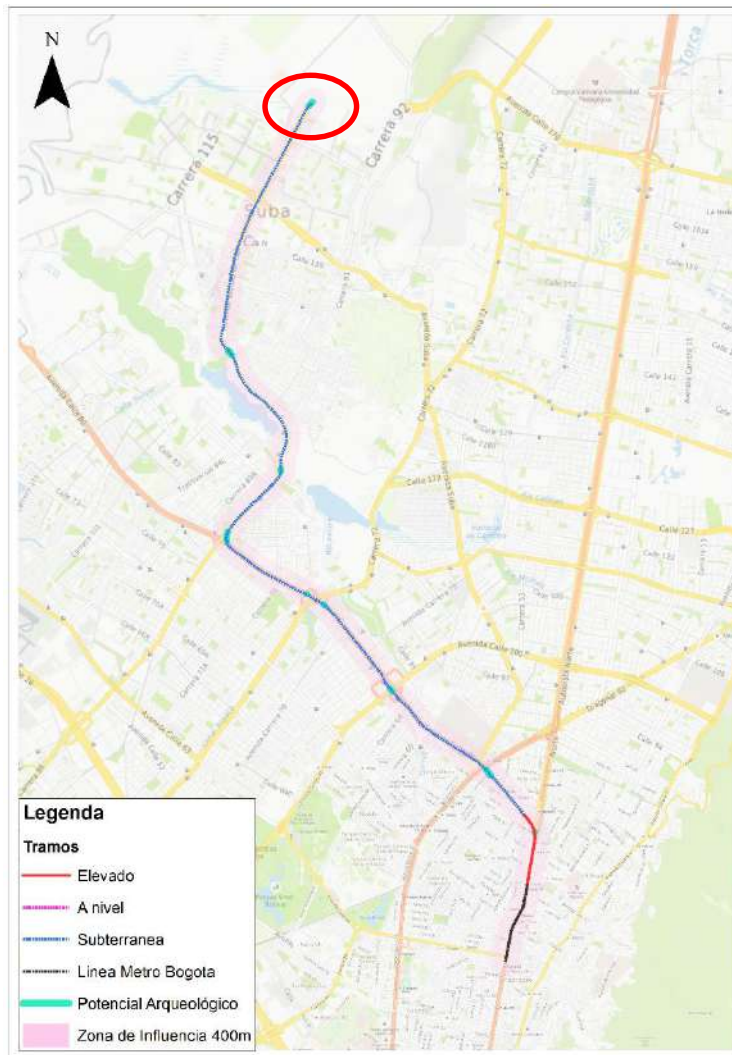
Alt.	Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Longitud de potencial de riesgo arqueológico (km)
A	Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	Elevada	7.42
B	Calle 80 - ALO	Línea independiente	Subterránea	7.42
C	Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	Subterránea	7.42
D	Calle 80 – Av. Cali	Extensión línea 1	Elevada	0.39
E	Calle 80 – Av. Cali	Extensión línea 1	Subterránea	0.39
F	Calle 80 – Av. Cali	Línea independiente	Subterránea	0.39
G	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Extensión línea 1	Elevada	0.73
H	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Extensión línea 1	Subterránea	0.73
I	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Línea independiente	Subterránea	0.73

Alt.	Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Longitud de potencial de riesgo arqueológico (km)
1	Auto Norte – Calle 100 – Av. Suba	Extensión línea 1	Subterránea	1.3
K	Auto Norte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión PLMB-T1 a CI 100-Elevada)	Línea independiente	Elevada/Subterránea	1.3
L	Canal Rionegro – Av. Cali	Línea independiente	A nivel / Elevada	4.33
M	Canal Rionegro – Av. Cali	Extensión línea 1	A nivel / Elevada	4.33
N	Auto Norte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a CI 100)	Línea independiente	Elevada / Subterránea	2.76
O	Auto Norte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali	Extensión línea 1	Elevada / Subterránea	1.74
P	CI 72 – Av. Cali	Línea independiente	Subterránea	0.79
Q	Ext. PLMB-T1 hasta CI 100. Auto Norte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	Línea independiente	Subterránea	0.56
R	Auto Norte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	Extensión línea 1	Elevada/Subterránea	0.56

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.241 En la siguiente figura se presenta a manera de ejemplo, la alternativa 5: Calle 80 – Av. Cali con menor potencial de riesgo arqueológico (0.39 Km):

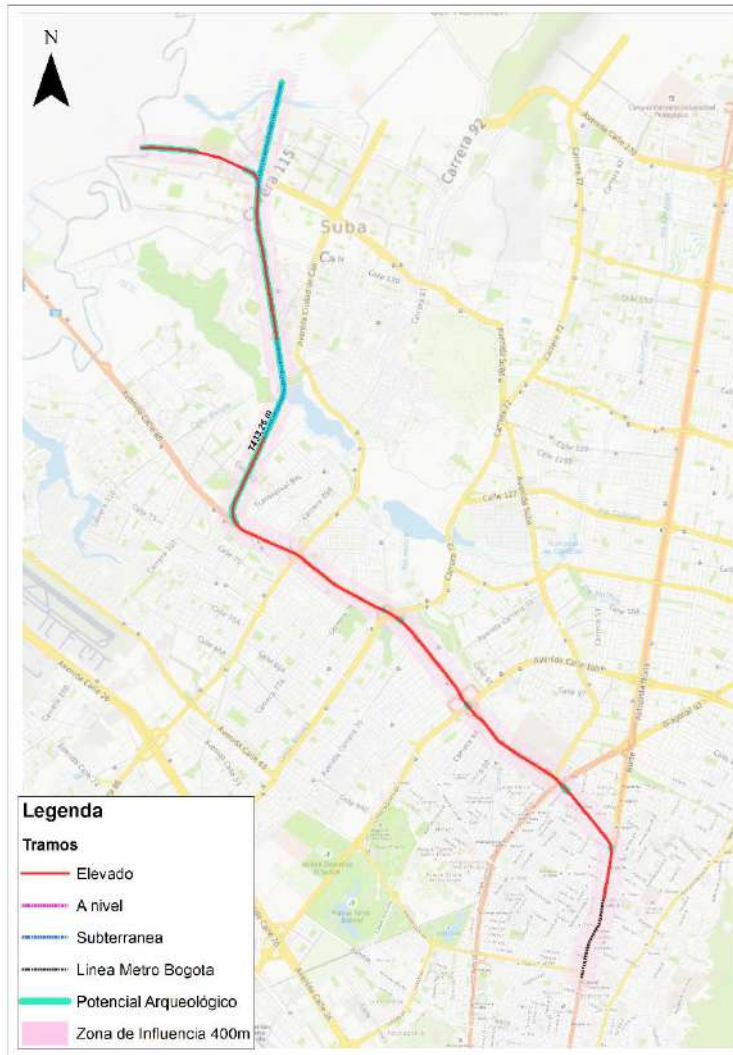
Figura 4.51: Medición riesgo arqueológico alternativa E



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.242 En la siguiente figura se presenta la alternativa A Calle 80 - ALO con el mayor potencial de hallazgo arqueológico (7.42 Km):

Figura 4.52: Medición riesgo arqueológico alternativa 5



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.243 En el Anexo B se encuentran los planos con la visualización de la medición de todos los corredores.

Vulnerabilidad a fenómenos naturales

4.244 En las siguientes tablas se presentan las longitudes de riesgo de vulnerabilidad a fenómenos naturales que cruzan cada una de las alternativas propuestas:

Tabla 4.58: Evaluación del riesgo a vulnerabilidad a fenómenos naturales

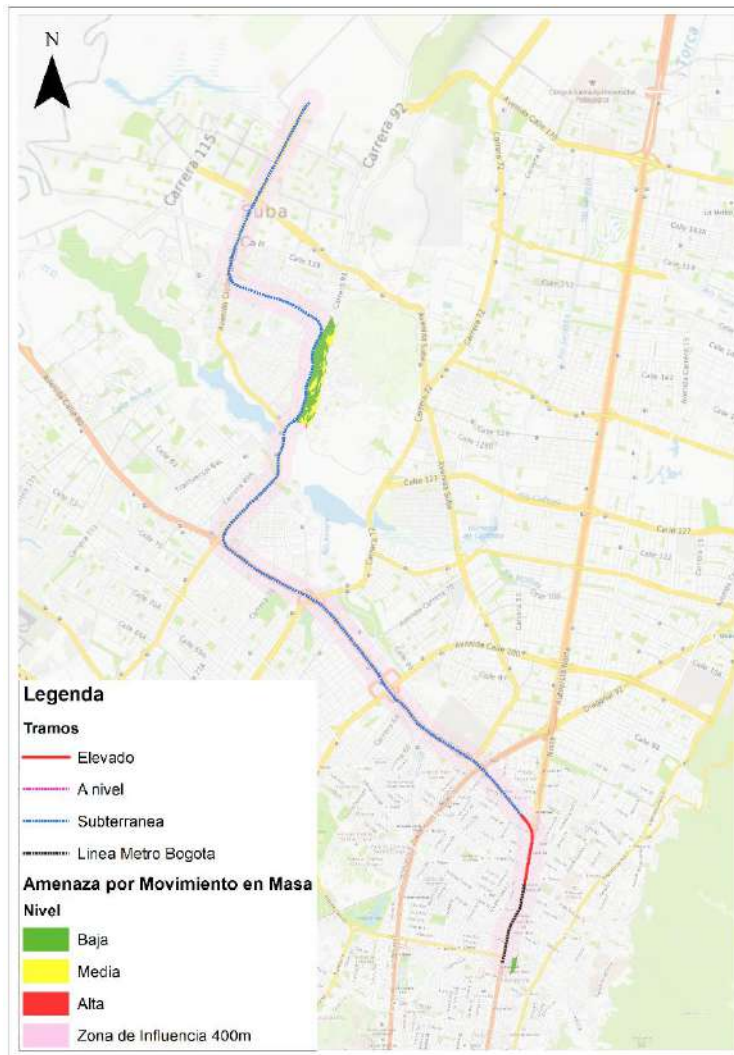
Alt.	Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Longitud (km)
A	Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	Elevada	1.77

Alt.	Trazado	Operación/ Tipo de conexión	Tipología	Longitud (km)
B	Calle 80 - ALO	Línea independiente	Subterránea	1.77
C	Calle 80 - ALO	Extensión línea 1	Subterránea	1.77
D	Calle 80 – Av. Cali	Extensión línea 1	Elevada	1.40
E	Calle 80 – Av. Cali	Extensión línea 1	Subterránea	1.40
F	Calle 80 – Av. Cali	Línea independiente	Subterránea	1.40
G	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Extensión línea 1	Elevada	1.04
H	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Extensión línea 1	Subterránea	1.04
I	Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali	Línea independiente	Subterránea	1.04
J	Auto Norte – Calle 100 – Av. Suba	Extensión línea 1	Subterránea	3.80
K	Auto Norte – Calle 100 – Av. Suba (con extensión PLMB-T1 a CI 100-Elevada)	Línea independiente	Elevada/Subterránea	3.80
L	Canal Rionegro – Av. Cali	Línea independiente	A nivel / Elevada	2.27
M	Canal Rionegro – Av. Cali	Extensión línea 1	A nivel / Elevada	2.27
N	Auto Norte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali (con extensión L1 a CI 100)	Línea independiente	Elevada / Subterránea	2.38
O	Auto Norte – CI 127 – Av. Rincón – Av. Cali	Extensión línea 1	Elevada / Subterránea	2.51
P	CI 72 – Av. Cali	Línea independiente	Subterránea	1.40
Q	Ext. PLMB-T1 hasta CI 100. Auto Norte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	Línea independiente	Subterránea	1.40
R	Auto Norte - Calle 100 – Av. 68 -Calle 80 - Av. Cali	Extensión línea 1	Elevada/Subterránea	1.40

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

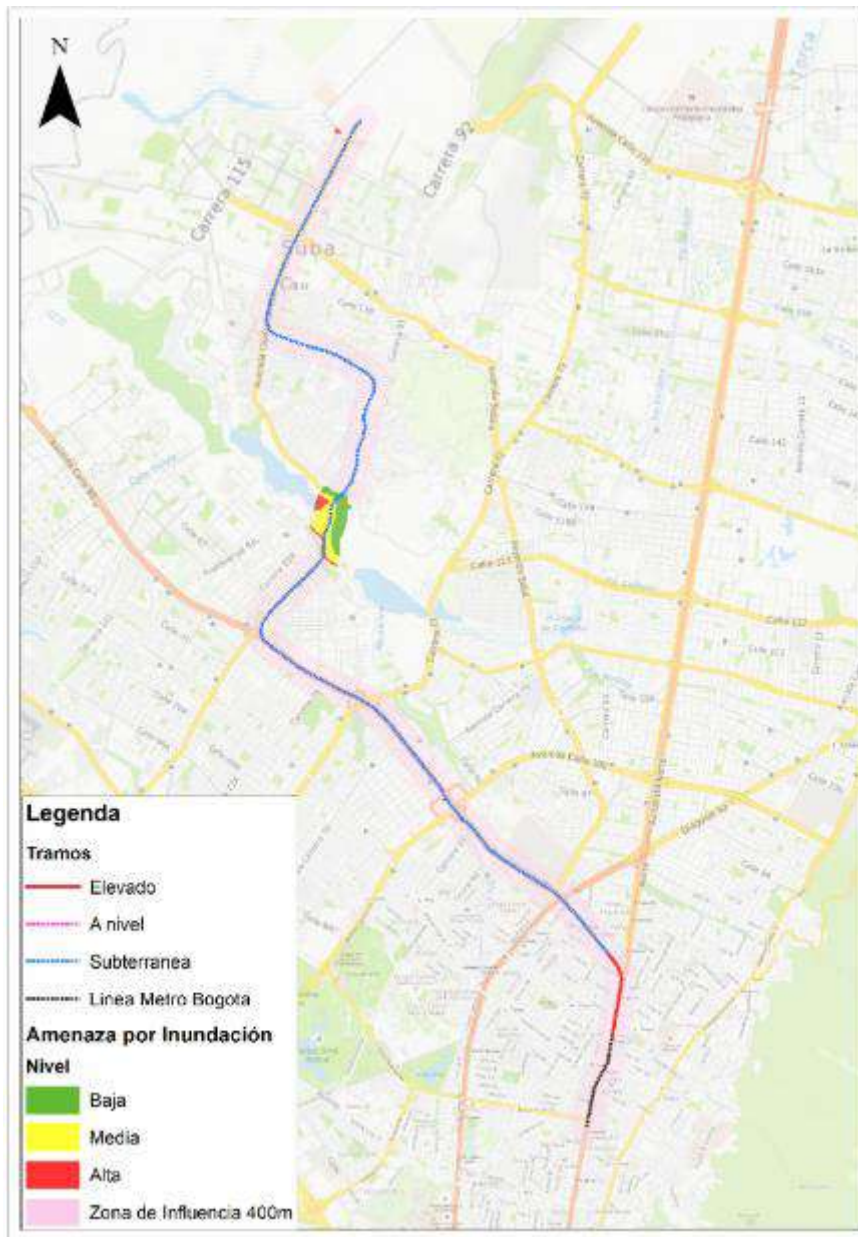
- 4.245 En las siguientes figuras se presenta la alternativa 9 “Calle 80 – Av. Cali - Av. Rincón - Av. Tabor - Av. Cali” con la menor longitud expuesta al riesgo a vulnerabilidad a fenómenos naturales equivalente a 1.04 Km de acuerdo con el traslape con zonas de riesgo por fenómenos de remoción en masa e inundaciones:

Figura 4.53: Medición riesgo a vulnerabilidad a fenómenos naturales alternativa I – remoción en masa



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

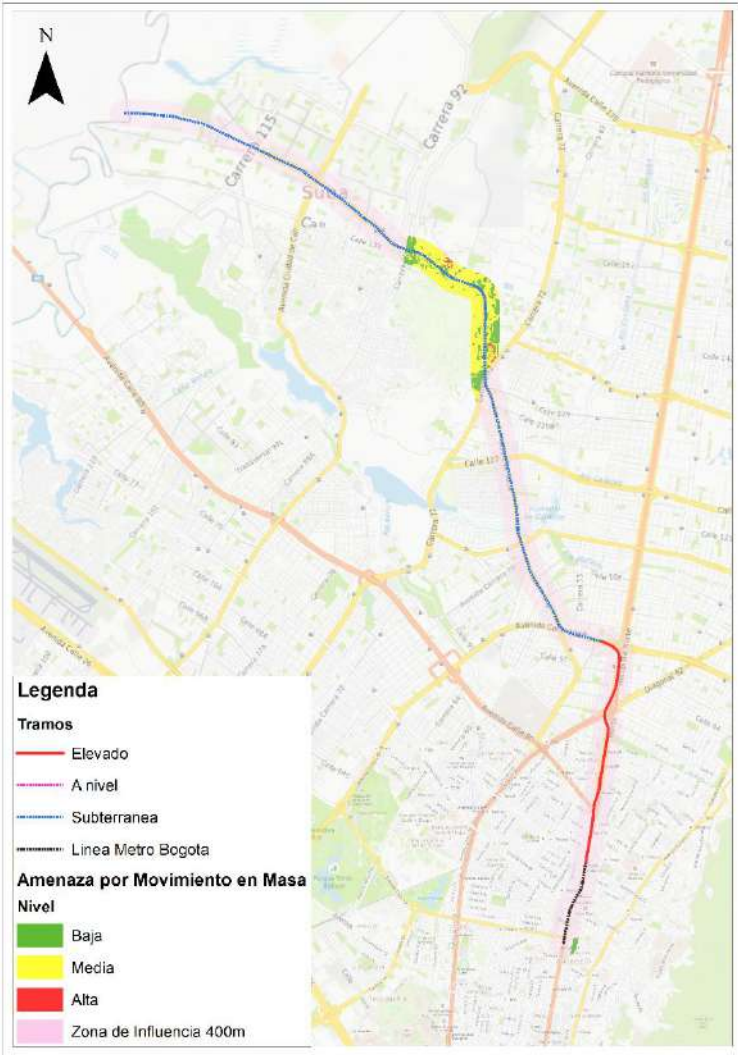
Figura 4.54: Medición riesgo a vulnerabilidad a fenómenos naturales alternativa 9 - inundaciones



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

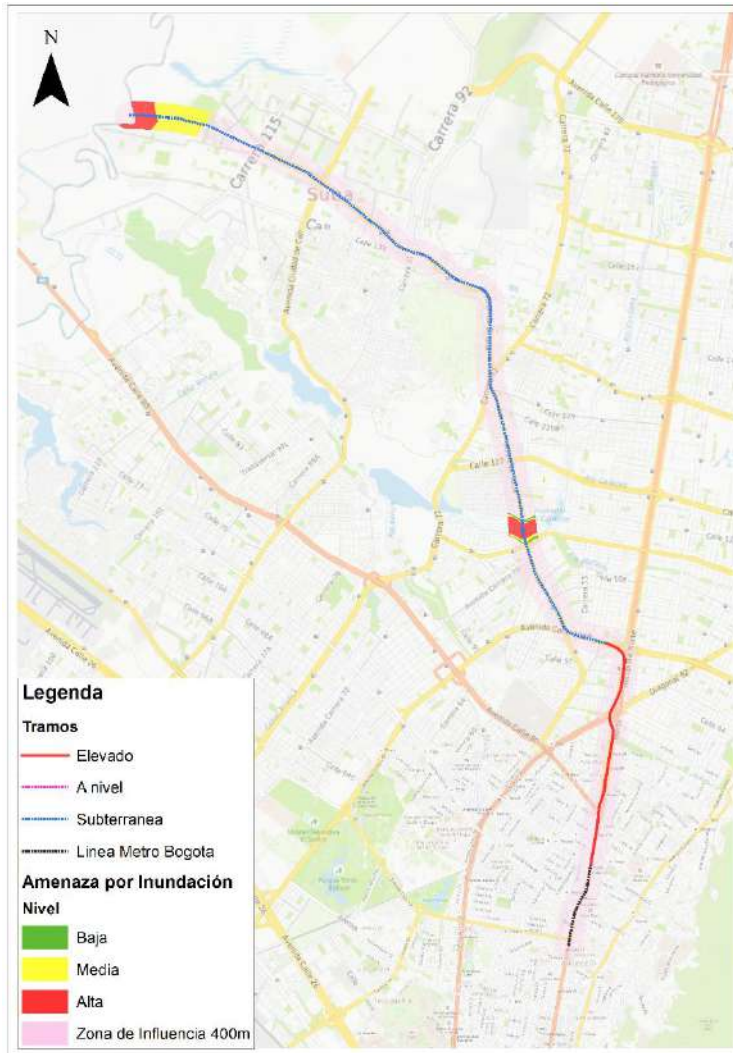
4.246 En las siguientes figuras se presenta la alternativa J “Autonorte – Calle 100 – Av. Suba” con una longitud de 3.80 Km con traslape de las zonas de riesgo por fenómenos de remoción en masa e inundaciones:

Figura 4.55: Medición riesgo a vulnerabilidad a fenómenos naturales alternativa 10 – remoción en masa



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

Figura 4.56: Medición riesgo a vulnerabilidad a fenómenos naturales alternativa J – inundación



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.247 En el Anexo B se encuentran los planos con la visualización de la medición de todos los corredores.

Evaluación multidimensional

4.248 La metodología empleada para obtener los indicadores y criterios con sus pesos respectivos es una extensión de la metodología Best-Worst previamente descrita en la selección de la Zona de Expansión. debido a lo anterior, no se hará una explicación detallada para la metodología de definición de pesos para este capítulo.

4.249 Una vez definidos los pesos de los criterios e indicadores y los valores para cada indicador por alternativa, se procede a realizar el cálculo de puntajes. A continuación, se presentan el peso de cada criterio e indicador tenidos en cuenta en esta evaluación.

Tabla 4.59: Orden de las preferencias y puntuaciones para los criterios evaluados en la priorización

Criterio	Peso del criterio	Indicador	Peso indicador
Mejoras en transporte	56.09%	Pasajeros transportados metro (HP)	20.9%
		Ahorro en tiempo de viaje de la ciudad	48.5%
		Conectividad ofertada por la red de metro	22.9%
		Balance de pasajeros por sentido	7.8%
Integración modal	12.05%	Número total de pasajeros utilizando metro-Regiotram + metro-BRT	31.17%
		Nivel de servicio de la red de transporte masivo	68.83%
Impacto ambiental	8.30%	Área de traslape con los elementos de la EEP	100%
Impacto urbano	8.05%	Afectación de barrios con interés arquitectónico / urbanístico	100%
Revitalización urbana	6.37%	Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios	100%
Impacto en fuentes hídricas	3.86%	Interferencias con cuerpos de agua	100%
Costos de inversión	2.30%	Costos de Inversión proyecto metro por Km	100%
Vulnerabilidad a fenómenos	2.09%	Identificación de zonas de riesgo (Movimientos en masa e inundaciones)	100%
Riesgos arqueológicos	0.89%	Potencial de hallazgos arqueológicos	100%

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.250 Atendiendo lo indicado en el Anexo 6 del documento TCC, a continuación, se presentan Las convenciones de los resultados obtenidos para 4 escenarios de evaluación de indicadores diferentes que combinan cortes temporales 2030 y 2050 y red de oferta de proyectos de transporte público base y alternativo, son las siguientes:

- a. Evaluación red conservadora– Integrado modos férreos: en esta evaluación se corrió la demanda del año 2030 en la Oferta 1 (corto plazo 2030) y la demanda del año 2050 en la Oferta 2 (alternativo 2030). Para los dos cortes temporales se tienen los modos férreos con integración tarifaria, que para el caso de la Oferta 1 son los Corredores Férreos del Norte y el Occidente y para la Oferta 2 se la adiciona el Corredor Férreo del Sur.
- b. Evaluación red Oferta optimista - Integrado modos férreos: en esta evaluación se corrió la demanda del año 2030 en la Oferta 2 (alternativo 2030) y la demanda del año 2050 en la Oferta 3 (Largo plazo 2050). Para ambos cortes temporales se tienen

los modos férreos con integración tarifaria en los Corredores Férreos de Occidente, Norte y Sur.

- c. Evaluación red Oferta conservadora – No Integrado modos férreos: en esta evaluación se corrió la demanda del año 2030 en la Oferta 1 (corto plazo 2030) y la demanda del año 2050 en la Oferta 2 (alternativo 2030). Para ambos cortes temporales se tienen los modos férreos sin integración tarifaria, que para el caso de la Oferta 1 son los Corredores Férreos del Norte y el Occidente y para la Oferta 2 se la adiciona el Corredor Férreo del Sur.
- d. Evaluación red optimista -No Integrado modos férreos: en esta evaluación se corrió la demanda del año 2030 en la Oferta 2 (alternativo 2030) y la demanda del año 2050 en la Oferta 3 (Largo plazo 2050). Para ambos cortes temporales se tienen los modos férreos sin integración tarifaria en los Corredores Férreos de Occidente, Norte y Sur.

Tabla 4.60: Prospectivas de evaluación identificación de alternativas

Prospectiva	Visión	Corte temporal 2030	Corte temporal 2050	Integración con corredores férreos regionales
I	2014	Oferta 1	Oferta 2	Integrado
II	2014	Oferta 2	Oferta 3	Integrado
III	2014	Oferta 1	Oferta 2	No Integrado
IV	2014	Oferta 2	Oferta 3	No integrado

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.251 Para las cuatro evaluaciones se hizo una proyección tendencial de los indicadores entre los 20 años que hay entre cortes temporales.
- 4.252 Para el cálculo del puntaje se utilizó la formula presentada en la evaluación de las zonas de expansión. La puntuación de cada alternativa es determinada por la siguiente formula:

$$\begin{aligned}
 & \text{Puntuación alternativa}_i \\
 &= \sum_j^n \left(\frac{\text{Valor indicador}_j - \text{Minimo valor indicador}}{\text{Maximo valor indicador}_j - \text{Minimo valor indicador}} * 90 + 10 \right) \\
 & \quad * \text{Peso indicador} * \text{Peso criterio}
 \end{aligned}$$

- 4.253 Donde:
 - J se refiere al indicador
 - I es la alternativa, por lo tanto, la puntuación de cada alternativa sería la sumatoria de los pesos obtenidos por cada indicador
- 4.254 El mínimo puntaje que cada alternativa podría obtener es de 10 puntos y el máximo sería de 100 puntos. A continuación, se presentan los resultados para los cuatro escenarios de evaluación. El cálculo realizado puede verse en detalle en el Anexo A en el archivo multicriterio Fase 1 – Alternativas.

Tabla 4.61: Resultado de evaluación de indicadores de las 18 alternativas

Alternativa	Tipología	Trazado	I	II	III	IV	Promedio
M	A nivel / Elevada	Canal Rionegro - Cali -- Extensión	77,7	77,3	76,2	76,7	77,0
R	Elevada/Subterránea	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Extensión	77,1	76,1	76,2	74,9	76,1
O	Elevada / Subterránea	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Extensión	73,8	73,0	73,3	73,5	73,4
G	Elevada	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	69,3	66,6	72,9	72,4	70,3
H	Subterránea	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	67,8	65,0	71,3	70,9	68,7
D	Elevada	CI 80 - Cali -- Extensión	66,2	65,4	70,1	71,3	68,3
E	Subterránea	CI 80 - Cali -- Extensión	64,7	63,9	68,6	69,7	66,7
A	Elevada	CI 80 - ALO -- Extensión	58,3	58,6	63,0	66,0	61,5
C	Subterránea	CI 80 - ALO -- Extensión	56,6	56,8	61,3	64,2	59,7
Q	Subterránea	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Nueva	56,1	51,4	55,9	51,3	53,7
L	A nivel / Elevada	Canal Rionegro - Cali -- Nueva	52,4	48,7	55,4	54,7	52,8
P	Subterránea	CL 72 - Cali	53,0	47,4	56,6	53,8	52,7
I	Subterránea	CI 80 - Cali - Rincón -- Nueva	48,3	41,9	54,1	50,0	48,6
N	Elevada / Subterránea	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Nueva	50,4	46,5	50,0	46,3	48,3
J	Subterránea	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Extensión	46,0	48,3	44,9	46,0	46,3
F	Subterránea	CI 80 - Cali -- Nueva	45,2	39,4	51,3	47,9	46,0
B	Subterránea	CI 80 - ALO -- Nueva	31,9	26,7	38,3	34,8	32,9
K	Elevada/Subterránea	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Nueva	27,1	27,5	26,1	26,2	26,7

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

- 4.255 Se observa que los resultados por escenario de evaluación son muy parecidos, siendo la alternativa M la que obtuvo el mayor puntaje dentro de las evaluaciones, seguidas con poca diferencia las alternativas R y O. Las alternativas que obtuvieron los puntajes más bajos son las alternativas B y K.
- 4.256 Sin embargo, al organizar las alternativas por el puntaje obtenido en la evaluación se observa que para las alternativas G, H, D, E, A y C la única diferencia es la tipología de línea (elevada o subterránea). Por esto, se clasificó como una sola alternativa y hacer un orden de selección por trazado de línea. Lo anterior, dado que al pasar estas alternativas a la Fase 2 para la selección del proyecto de expansión priorizado se tendrían 3 de las 9 alternativas con características iguales de trazado que limitaría las probabilidades de probar otros corredores de acceso a la Zona de Expansión escogida.
- 4.257 De acuerdo con lo anterior en la siguiente tabla se muestran las alternativas organizadas por puntaje. El resultado de la evaluación puede verse en detalle en el Anexo A.

Tabla 4.62: Resultado de evaluación de indicadores de las alternativas final

Alternativa	Tipología	Trazado	I	II	III	IV	Promedio	Orden final por trazado
M	A nivel / Elevada	Canal Rionegro - Cali -- Extensión	77,7	77,3	76,2	76,7	77,0	1
R	Elevada/Subterránea	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Extensión	77,1	76,1	76,2	74,9	76,1	2
O	Elevada / Subterránea	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Extensión	73,8	73,0	73,3	73,5	73,4	3
G	Elevada	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	69,3	66,6	72,9	72,4	70,3	4
H	Subterránea	CI 80 - Cali - Rincón -- Extensión	67,8	65,0	71,3	70,9	68,7	
D	Elevada	CI 80 - Cali -- Extensión	66,2	65,4	70,1	71,3	68,3	5
E	Subterránea	CI 80 - Cali -- Extensión	64,7	63,9	68,6	69,7	66,7	
A	Elevada	CI 80 - ALO -- Extensión	58,3	58,6	63,0	66,0	61,5	6
C	Subterránea	CI 80 - ALO -- Extensión	56,6	56,8	61,3	64,2	59,7	
Q	Subterránea	Autonorte - CI 100 - Av. 68 -CI 80 - Cali -- Nueva	56,1	51,4	55,9	51,3	53,7	7
L	A nivel / Elevada	Canal Rionegro - Cali -- Nueva	52,4	48,7	55,4	54,7	52,8	8
P	Subterránea	CL 72 - Cali	53,0	47,4	56,6	53,8	52,7	9
I	Subterránea	CI 80 - Cali - Rincón -- Nueva	48,3	41,9	54,1	50,0	48,6	10
N	Elevada / Subterránea	Autonorte -CI 127 - Rincón - Cali -- Nueva	50,4	46,5	50,0	46,3	48,3	11
J	Subterránea	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Extensión	46,0	48,3	44,9	46,0	46,3	12
F	Subterránea	CI 80 - Cali -- Nueva	45,2	39,4	51,3	47,9	46,0	13
B	Subterránea	CI 80 - ALO -- Nueva	31,9	26,7	38,3	34,8	32,9	14
K	Elevada/Subterránea	Autonorte – CI 100 – Av. Suba -- Nueva	27,1	27,5	26,1	26,2	26,7	15

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2020

4.258 Con base en la última columna de la tabla anterior, se presenta un total de 15 alternativas identificadas con mejor desempeño. Con base en mesas de trabajo se seleccionarán las alternativas con las cuáles se desarrollará el alcance incluido en los TCC para la Fase 2 de la presente Consultoría a partir de la información consignada en este informe.

5 Bibliografía

- Acueducto de Bogotá & Fundación Humedal La Conejera. (2014). (s.f.). *Plan de Manejo Ambiental del Humedal La Conejera*. Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/planes-de-manejo-ambiental1>
- Alcalde Mayor de Bogotá, D.C. (2004). *Decreto 190 de 2004*. bOGOTÁ: Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Obtenido de <http://recursos.ccb.org.co/ccb/pot/PC/files/2tratamiento.html>
- Auger, P., Devinney, T., & Louviere, J. (2007). Best - Worst scaling methodology to investigate consumer ethical beliefs across countries. *Journal of Business Ethics*, 299-326.
- Convenio de Cooperación Tecnológica Acueducto de Bogotá,. (s.f.). *Plan de Manejo Ambiental Humedal Juan Amarillo Bogotá*. Obtenido de Conservación internacional- Colombia No. 9-07-24100-658-2005. (2010).: <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/760385/PMA+UNIFICADO+JUAN+AMARILLO.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca & Consorcio HUITACA. (2019). (s.f.). Obtenido de Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca hidrográfica del Río Bogotá. Bogotá.: <https://www.car.gov.co/vercontenido/41>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2014). (s.f.). *Plan de Manejo Ambiental de la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C*. Obtenido de “Thomas van der Hammen”. Bogota.: <https://www.car.gov.co/vercontenido/1152>
- Hensher, D., Rose, J., & Greene, W. (2015). *Applied Choice Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2009). (s.f.). Obtenido de http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=fb4fd890-ec1e-4925-ada3-5a5058ab1ddf&groupId=3564131
- Universidad Nacional de Colombia (2007). (s.f.). *Plan de Manejo Ambiental del Humedal Córdoba. Bogotá*,. Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/53d49413-585f-451a-8ca2-89846b92862a>

HOJA DE CONTROL

Preparado por

Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá
Carrera 15 # 93A-62 Oficina 602
Teléfono. 746 04 03
Bogotá D.C. Colombia
+57 1 7460403

Preparado para

Financiera de Desarrollo Nacional - FDN
Av. Carrera 7 No. 71 - 42
Torre B Piso 6
Bogotá D.C. Colombia

Nº Proyecto/propuesta Steer

23858501

Referencia cliente/nº proyecto

Contrato FDN 033 de 2020

Autor

Unión Temporal Egis Steer Metro de Bogotá

Revisor/autorizador

AEH

Otros colaboradores

SFN,DAP, MGJ, JOD,CYS

Distribución

Cliente:

Steer:

Versión

4

Fecha

23-11-2020

