

Producto 3 – Análisis de Nodo de Terminación y Definición del Proyecto con Base en Restricción Presupuestal



Producto 3 – Análisis de Nodo de Terminación y Definición del Proyecto con Base en Restricción Presupuestal

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

| | |
|---|-----|
| Glosario y abreviaturas | ix |
| 1 Introducción | 11 |
| Contexto general | 11 |
| 2 Antecedentes de la Evaluación Multicriterio de Alternativas | 12 |
| 3 Definición del nodo de terminación | 14 |
| Metodología | 14 |
| Identificación de Alternativas de nodo de terminación | 15 |
| Análisis de Alternativas de nodo de terminación | 15 |
| Identificación de opciones de terminación de la alternativa de mejor desempeño ALO vs Av. Ciudad de Cali con Patio Taller. | 42 |
| 4 Matriz multicriterio | 52 |
| Evaluación multicriterio de las alternativas incluidas para el análisis de nodo de terminación .. | 52 |
| Fichas de criterios e indicadores de evaluación | 54 |
| Resultados matriz | 87 |
| 5 Evaluación multicriterio y combinación de alternativas con el patio-taller..... | 152 |
| Resultados por componente de la tipología de Línea al Nodo Común | 152 |
| Resultados combinación de alternativas con patio taller | 156 |
| 6 Análisis de fuentes de pago | 158 |
| Metodología | 158 |
| 7 Actualización de la demanda del Proyecto de expansión priorizado..... | 161 |
| Actualización de demanda para dimensionamiento | 167 |
| 8 Conclusiones y recomendaciones sobre el nodo de terminación óptimo | 171 |

Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 3.1 Esquema general de la relación entre las fases del estudio | 14 |
| Figura 3.2 Nodo de inicio de alternativas estudiadas..... | 16 |
| Figura 3.3 Sección Vial V2 con sistema metro elevado o subterráneo - POT Bogotá. | 18 |
| Figura 3.4 Sección corredor vial calle 72 existente | 19 |
| Figura 3.5 Perfil vial con existente en la Av. Ciudad de Cali entre Calle 72 y Carrera 91 | 20 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.6 Perfil vial con TransMilenio proyectado en la Av. Ciudad de Cali entre Calle 72 y Calle 80 | 20 |
| Figura 3.7 Registro fotográfico Av. Ciudad de Cali | 20 |
| Figura 3.8 Perfil vial existente Av. Ciudad de Cali entre Carrera 91 y Av. Suba..... | 21 |
| Figura 3.9 Perfil vial ALO según el Sistema de movilidad - Secciones viales y circuitos de movilidad del POT de Bogotá | 21 |
| Figura 3.10 Reserva vial Av. ALO entre calle 128 y Av. Suba | 22 |
| Figura 3.11 Perfil vial existente Av. Suba entre ALO y carrera 136ª..... | 22 |
| Figura 3.12 Estado actual Av. Suba entre carrera 136ª y carrera 147..... | 23 |
| Figura 3.13 Transición entre tipologías elevada y subterránea..... | 25 |
| Figura 3.14 Alternativa 2.13 / Calle 72 – Av. Cali / Subterránea / Línea nueva – Nodo de conexión con la PLMB | 26 |
| Figura 3.15 Alternativa 2.13 / Calle 72 – Av. Cali –Av. Suba / Subterránea / Línea nueva..... | 27 |
| Figura 3.16 Alternativa 2.14 / Calle 72 – Av. Cali / Mixto / Línea nueva | 28 |
| Figura 3.17 Alternativa 2.15 / Calle 72 – Av. Cali - ALO / Subterránea / Línea nueva..... | 29 |
| Figura 3.18 Alternativa 2.16 / Calle 72 – Av. Cali – ALO / Mixto / Línea nueva..... | 31 |
| Figura 3.19 Metodología de selección de alternativa final Patio Taller | 33 |
| Figura 3.20 Localización 11 alternativas iniciales Patio Taller | 34 |
| Figura 3.21 Localización 4 alternativas viabilizadas Patio Taller | 35 |
| Figura 3.22 Localización polígono Portal de Suba | 37 |
| Figura 3.23 Localización predio Cota..... | 38 |
| Figura 3.24 Localización predios ALO - Gaitana..... | 40 |
| Figura 3.25 Localización Fontanar del Río | 41 |
| Figura 3.26 Trazado y localización de estaciones alternativas tipología mixta | 44 |
| Figura 3.27 Trazado y localización de estaciones alternativas tipología subterránea | 45 |
| Figura 3.27 Perfil de carga tipología de línea Subterránea..... | 49 |
| Figura 3.28 Perfil de carga tipología de línea mixta | 49 |
| Figura 3.29 Trasbordos alternativas tipología de línea subterránea..... | 50 |
| Figura 3.30 Trasbordos alternativas tipología de línea mixta | 51 |
| Figura 4.31 Traslape elementos que conforman la estructura ecológica principal de Bogotá alternativa Calle 72 – Av. Cali - ALO..... | 91 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.32 Traslape elementos que conforman la estructura ecológica principal de Bogotá – 2.08. Calle 72 – Av. Cali – Subterránea – (Línea nueva) | 92 |
| Figura 4.33 Cruce de cuerpos de agua alternativa Calle 72 – Av. Cali – Subterránea (línea nueva) 95 | 95 |
| Figura 4.34 Cruce de cuerpos de agua alternativa Calle 72 – Av. Cali – Mixta (línea nueva)..... | 96 |
| Figura 4.35 Cruce de cuerpos de agua alternativa Calle 72 – Av. Cali – ALO Subterránea (línea nueva) | 97 |
| Figura 4.36 Cruce de cuerpos de agua alternativa Calle 72 – Av. Cali – ALO – Mixta (línea nueva) 98 | 98 |
| Figura 4.37 Cruce de zonas verdes alternativa 2.15. Calle 72 – Av. Cali – Alo – Subterránea (Línea nueva) | 100 |
| Figura 4.38 Cruce de zonas verdes, alternativa 2.14. Calle 72 – Av. Cali – Mixta (línea nueva)..... | 101 |
| Figura 4.39 Cruce de zonas verdes, alternativa 2.13. Calle 72 – Av. Cali – Subterránea (Línea nueva) | 102 |
| Figura 4.40 Cruce de zonas verdes, alternativa 2.16 Calle 72 – Av. Cali - Alo – Mixta (Línea nueva) | 103 |
| Figura 4.41 Cruce de zonas de importancia de biodiversidad, alternativa 2.15. Calle 72 – Av. Cali - ALO (Línea nueva) | 105 |
| Figura 4.42 Cruce con zonas de importancia en biodiversidad alternativa 2.14. Calle 72 – Av. Cali, mixta (Línea nueva) | 106 |
| Figura 4.43 Cruce con zonas de importancia en biodiversidad alternativa 2.13. alternativa Calle 72 – Av. Cali – subterránea (línea nueva) | 107 |
| Figura 4.44 Cruce con zonas de importancia en biodiversidad alternativa 2.16. Calle 72 – Av. Cali - Alo – Mixta (línea nueva) | 108 |
| Figura 4.45 Cruce de zonas de importancia de arbolado urbano alternativa 2.15. Calle 72 – Av. Cali - Alo - Subterránea (Línea nueva) | 110 |
| Figura 4.46 Cruce con arbolado urbano alternativa 2.13. Calle 72 – Av. Cali, subterránea (línea nueva) | 111 |
| Figura 4.47 Identificación de Receptores Sensibles. Alternativa Calle 72 – Av. Cali (Línea nueva) | 113 |
| Figura 4.48 Identificación de Receptores Sensibles. Alternativa Calle 72 – Av. Cali – Alo (Línea nueva) | 114 |
| Figura 4.49 Alternativas mixtas. Transición entre sistema constructivo túnel a elevado mediante trincheras..... | 116 |
| Figura 4.50 Afectación al tráfico sistema constructivo túnel entre pantallas | 118 |
| Figura 4.51 Afectación al tráfico sistema constructivo elevado | 118 |
| Figura 4.52 Afectación al tráfico sistema constructivo túnel | 119 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.53 Tipología Subterránea con menor afectación al tráfico vehicular..... | 121 |
| Figura 4.54 Interferencia con BRT alternativas subterráneas | 123 |
| Figura 4.55 Ilustración de tramos intersecados de redes hidrosanitarias para la Alternativa 2.16. | 126 |
| Figura 4.56 Zonas de amenaza sísmica aferentes a las alternativas 2.13 y 2.14..... | 140 |
| Figura 4.57 Zonas de amenaza sísmica aferentes a las alternativas 2.15 y 2.16..... | 140 |
| Figura 4.58 Medición Riesgo de Afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros. Alternativa Calle 72 – Av. Cali (Línea nueva) - Inundación..... | 143 |
| Figura 4.59 Medición Riesgo de Afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros. Alternativa Calle 72 – Av. Cali - Alo (Línea nueva) – Inundación..... | 144 |
| Figura 4.60 Zonas con densificación de redes matrices de acueducto | 146 |
| Figura 4.61 Alternativas mixtas con menor riesgo al cronograma | 148 |
| Figura 5.62 Alternativa mejor desempeño Calle 72-Cali-ALO-Patio Fontanar | 155 |
| Figura 7.63 Trazado y Localización de estaciones – Proyecto de Expansión Priorizado | 162 |
| Figura 7.64 Perfil de carga Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2030..... | 163 |
| Figura 7.65 Perfil de carga Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2050..... | 164 |
| Figura 7.66 Trasbordos Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2030..... | 165 |
| Figura 7.67 Trasbordos Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2050..... | 165 |
| Figura 7.68 Perfil de carga dimensionamiento Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2030 y 2050 | 168 |
| Figura 7.69 Trasbordos dimensionamiento Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2030 y 2050 | 169 |
| Figura 8.70 Alternativa mejor desempeño Calle 72-Cali-ALO-Patio Fontanar | 172 |

Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 2.1 Alternativas evaluadas en la Fase 2 para la selección de la alternativa de mejor desempeño | 12 |
| Tabla 2.2 Resultados del análisis de alternativas | 13 |
| Tabla 3.3 Características generales de las alternativas analizadas | 17 |
| Tabla 3.4 Hipótesis de diseño geométrico..... | 24 |
| Tabla 3.5 Alternativas de nodo de terminación analizadas para la selección del Proyecto de Expansión Priorizado | 42 |

| | | |
|------------|--|----|
| Tabla 3.6 | Prospectivas de evaluación para el análisis de alternativas | 46 |
| Tabla 3.7 | Resultados indicadores beneficios sociales en transporte – Oferta conservadora | 46 |
| Tabla 3.8 | Resultados indicadores beneficios sociales en transporte – Oferta optimista..... | 47 |
| Tabla 3.9 | Resultados carga máxima y trasbordos alternativas en evaluación | 48 |
| Tabla 4.10 | Criterios e indicadores iniciales..... | 53 |
| Tabla 4.11 | Criterios e indicadores propuestos | 54 |
| Tabla 4.12 | Indicador Área de traslape con los elementos de la EEP | 55 |
| Tabla 4.13 | Indicador Cruce con cuerpos de agua que puedan tener afectación en su dinámica hídrica e hidráulica | 56 |
| Tabla 4.14 | Indicador Zonas verdes endurecidas (áreas verdes endurecidas) | 57 |
| Tabla 4.15 | Indicador Traslape con zonas de importancia en biodiversidad..... | 57 |
| Tabla 4.16 | Indicador Identificación de receptores sensibles | 58 |
| Tabla 4.17 | Indicador Tiempo total de construcción | 60 |
| Tabla 4.18 | Indicador Perturbación a vecinos comerciales | 61 |
| Tabla 4.19 | Indicador Perturbación en el tráfico vehicular | 62 |
| Tabla 4.20 | Indicador Perturbación en la operación del BRT | 63 |
| Tabla 4.21 | Indicador Generación de ruido por la construcción del sistema | 64 |
| Tabla 4.22 | Indicador Generación de vibraciones por la construcción del sistema | 65 |
| Tabla 4.23 | Indicador Interferencias con redes principales..... | 66 |
| Tabla 4.24 | Indicador Potencial de generación de Espacio Público..... | 67 |
| Tabla 4.25 | Indicador potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios | 69 |
| Tabla 4.26 | Indicador proximidad con edificaciones | 71 |
| Tabla 4.27 | Indicador Impacto visual | 73 |
| Tabla 4.28 | Indicador Afectación a la infraestructura o equipamiento social..... | 75 |
| Tabla 4.29 | Indicador Afectación de zonas con valor patrimonial o cultural | 76 |
| Tabla 4.30 | Indicador Pasajeros transportados | 77 |
| Tabla 4.31 | Indicador Ahorros en tiempo | 78 |
| Tabla 4.32 | Indicador Facilidad de conexión..... | 78 |
| Tabla 4.33 | Indicador Costos de inversión proyecto metro por km (con predios)..... | 79 |
| Tabla 4.34 | Indicador Costos de operación y mantenimiento..... | 80 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.35 Indicador Riesgo de Subsistencia, derrumbes o afectación a estructuras | 82 |
| Tabla 4.36 Indicador Riesgo de afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros | 82 |
| Tabla 4.37 Indicador Incertidumbre sobre el rendimiento de construcción..... | 83 |
| Tabla 4.38 Alternativas evaluadas para riesgo predial..... | 85 |
| Tabla 4.39 Indicador Costos de inversión proyecto metro por km (con predios) | 85 |
| Tabla 4.40 Indicador Costos de operación y mantenimiento..... | 86 |
| Tabla 4.41 Resultados del indicador traslape con los elementos de la EEP (zonas protegidas) | 88 |
| Tabla 4.42 Resultados del indicador traslape con los elementos de la EEP (parques urbanos) | 89 |
| Tabla 4.43 Resultados del indicador traslape con los elementos de la EEP | 89 |
| Tabla 4.44 Resultados del indicador afectación en la dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua | 93 |
| Tabla 4.45 Resultados del indicador Afectación de la Dinámica Hídrica e Hidráulica de Cuerpo de Agua | 93 |
| Tabla 4.46 Resultados del indicador afectación en la dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua | 94 |
| Tabla 4.47 Resultados del indicador Zonas verdes endurecidas (áreas verdes endurecidas)..... | 99 |
| Tabla 4.48 Resultados del indicador Traslape con Zonas de Importancia en Biodiversidad..... | 104 |
| Tabla 4.49 Resultados cruce capa de arbolado urbano..... | 109 |
| Tabla 4.50 Resultados del indicador Identificación de Receptores Sensibles | 112 |
| Tabla 4.51 Rendimientos usados para calculo tiempo de construcción | 115 |
| Tabla 4.52 Resultados del indicador Tiempo Total de Construcción..... | 116 |
| Tabla 4.53 Resultados Daño emergente y lucro cesante | 117 |
| Tabla 4.54 Evaluación de vía férrea por tramo de cada alternativa | 119 |
| Tabla 4.55 Evaluación de estaciones por tramo de cada alternativa | 120 |
| Tabla 4.56 Ponderación y evaluación de vía férrea y estaciones por tramo de cada alternativa.. | 120 |
| Tabla 4.57 Resultados del indicador Perturbación al tráfico vehicular | 121 |
| Tabla 4.58 Resultados del indicador Perturbación en la Operación del BRT | 122 |
| Tabla 4.59 Resultados indicador de Ruido por la construcción del sistema | 124 |
| Tabla 4.60 resultados indicador generación de vibraciones por la construcción del sistema | 124 |
| Tabla 4.61 Definición de ancho de corredores de trazado por tipología. | 125 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.62 Factor de complejidad | 126 |
| Tabla 4.63 Resultado del indicador Interferencia de Redes Principales (Ponderación de longitudes de redes secas y húmedas con interferencia por Alternativas) | 127 |
| Tabla 4.64 Resultados componente urbano-paisajístico..... | 128 |
| Tabla 4.65 Resultados componente Integración/Desintegración urbana..... | 130 |
| Tabla 4.66 Resultados del indicador Afectación a la infraestructura o equipamiento social | 134 |
| Tabla 4.67 Resultados del indicador Afectación a zonas con valor patrimonial o cultural | 134 |
| Tabla 4.68 Listado de proyectos de transporte público para cada oferta del análisis | 135 |
| Tabla 4.69 Resultados beneficios sociales – oferta conservadora | 136 |
| Tabla 4.70 Resultados beneficios sociales – oferta optimista | 136 |
| Tabla 4.71 Costo estimado de las alternativas | 136 |
| Tabla 4.72 Costo estimado de las alternativas de Patio taller..... | 137 |
| Tabla 4.73 Costo estimado de las alternativas con el Patio taller ubicado en el Polígono Fontanar del Río | 138 |
| Tabla 4.74 Indicador OPEX en función de los abordajes en una hora pico | 139 |
| Tabla 4.75 Resultados indicador Riesgo de Subsidiencias (Puntaje ponderado) | 139 |
| Tabla 4.76 Resultados del indicador Riesgo derrumbes o afectación a estructuras (Puntaje ponderado) | 140 |
| Tabla 4.77 Valores de indicador Riesgo subsidiencias, derrumbes o afectación a estructuras (Promedio) | 141 |
| Tabla 4.78 Resultados de indicador Riesgo de afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros..... | 142 |
| Tabla 4.79 Asignación de puntaje a cada tramo por alternativa..... | 146 |
| Tabla 4.80 Resultados del indicador Incertidumbre sobre el Rendimiento de Construcción | 147 |
| Tabla 4.81 Cantidad de predios Alternativa 2.13, Calle 72–Av. Cali..... | 149 |
| Tabla 4.82 Cantidad de predios Alternativa 2.14, Calle 72–Av. Cali..... | 149 |
| Tabla 4.83 Cantidad de predios Alternativa 2.15, Calle 72–Av. Cali..... | 149 |
| Tabla 4.84 Cantidad de predios Alternativa 2.16, Calle 72–Av. Cali..... | 150 |
| Tabla 4.85 Resultados del indicador Cantidad de predios por alternativa..... | 150 |
| Tabla 4.86 Resultados del indicador de Riesgo Financiero..... | 150 |
| Tabla 5.87 Resultados Componente Ambiental | 152 |
| Tabla 5.88 Resultados Componente Proceso Constructivo..... | 152 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.89 Resultados Componente Urbano Paisajístico | 152 |
| Tabla 5.90 Resultados componente de Afectación Social | 153 |
| Tabla 5.91 Resultados Componente de Beneficios Sociales..... | 153 |
| Tabla 5.92 Resultados Componente Financiero | 153 |
| Tabla 5.93 Resultados Componente Riesgos..... | 153 |
| Tabla 5.94 Resultados evaluación multicriterio alternativas de nodo de terminación..... | 153 |
| Tabla 5.95 Cuadro comparativo de resultados evaluación predio para Patio Taller..... | 156 |
| Tabla 6.96 Análisis de costos de las Fuentes Disponibles (valores expresados en COP billones) .. | 159 |
| Tabla 6.97 Análisis viabilidad de infraestructura Fuentes Disponibles | 159 |
| Tabla 6.98 Análisis de costos de las Fuentes Disponibles (valores expresados en COP billones) .. | 160 |
| Tabla 7.99 Prospectivas de evaluación para el análisis de alternativas | 163 |
| Tabla 7.100 Comparación de carga máxima PLMB-T1 y proyecto de expansión priorizado con las alternativas analizadas en el Entregable 3 (Corte 2030) | 166 |
| Tabla 7.101 Comparación de carga máxima PLMB-T1 y proyecto de expansión priorizado con las alternativas analizadas en el Entregable 3 (Corte 2050) | 166 |
| Tabla 7.102 Carga máxima..... | 169 |

Anexos

Anexo A. Trazado Geométrico de cada Alternativa

Anexo B. Componente Ambiental

Anexo B1. Elementos de la Estructura Ecológica Principal

Anexo B2. Dinámica Hidráulica de Cuerpos de Agua

Anexo B3. Geomorfología del Terreno

Anexo B4. Biodiversidad y Conectividad Ecológica Estructural y Funcional

Anexo B5. Ruido Urbano

Anexo C. Componente Constructivo

Anexo C1. Rendimiento Tiempos de Construcción

Anexo C2. Daño Emergente y Lucro Cesante

Anexo C3. Perturbaciones

Anexo C3.1 Perturbación al tráfico vehicular

Anexo C3.2 Perturbación en la operación del BRT.

Anexo C4. Ruido y Vibraciones

Anexo C4.1 Generación del Ruido por la Construcción del Sistema

Anexo C4.2 Generación de Vibración por la Construcción del Sistema

Anexo C5. Redes

Anexo D. Componente Urbano Paisajístico

Anexo E. Componente Afectación Social

Anexo F. Componente Beneficios Sociales

Anexo G. Componente Financiero

Anexo H. Componente Riesgo

Anexo H1. Riesgo Geotécnico y Sísmico

Anexo H2. Riesgo Ambiental

Anexo H3. Riesgo sobre el Cronograma

Anexo H4. Riesgo de Gestión Predial

Anexo H5. Riesgo Financiero

Anexo I. Evaluación multicriterio

Anexo J. Evaluación Patio Taller

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
- Avenida Longitudinal de Occidente o ALO

1 Introducción

Contexto general

- 1.1 El presente documento incluye la metodología y desarrollo para el Análisis de nodo de terminación el cual identifica la infraestructura completa funcional para el proyecto de expansión de la PLMB o la Segunda Línea Metro de Bogotá (“SLMB”) la cual asegura la conexión entre la PLMB-T1 con la zona de expansión priorizada en la Localidad de Suba.
- 1.2 Como primera medida se presenta el resumen de los resultados de la evaluación y análisis de alternativas de la Fase 2, el cual se presenta ante el Comité Técnico la propuesta de alternativa de mejor desempeño, a partir de los análisis presentados en el Entregable 2 – Análisis de Alternativas.
- 1.3 Posteriormente se presenta un breve resumen de los resultados del estudio de Análisis de Fuentes de Pago entregado por FDN y, finalmente, la metodología para el desarrollo del análisis de nodo de terminación y la selección del proyecto de expansión priorizado.

2 Antecedentes de la Evaluación Multicriterio de Alternativas

- 2.1 Una vez identificada la zona de expansión priorizada, en el producto dos (2), se llevó a cabo el planteamiento de catorce (14) alternativas viables técnicamente como rutas de conexión entre la PLMB-T1 y la localidad de Suba identificada como la zona priorizada como destino. A cada una de estas alternativa, se le realizó un análisis multicriterio compuesto por siete (7) componentes y treinta (30) indicadores, para encontrar la alternativa de mejor desempeño entre éstas conexiones planteadas, presentadas en la Tabla 2.1

Tabla 2.1 Alternativas evaluadas en la Fase 2 para la selección de la alternativa de mejor desempeño

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 |
|------|---------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 2.01 | Calle 127 – Av. Rincón – Av. Cali | Mixta | Extensión |
| 2.02 | Calle 127 – Av. Rincón – Av. Cali | Mixta | Línea nueva |
| 2.03 | Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali | Elevada | Extensión |
| 2.04 | Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali | Elevada | Línea nueva |
| 2.05 | Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali | Subterránea | Extensión |
| 2.06 | Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva |
| 2.07 | Canal Rionegro – Av. Cali | Elevada | Extensión |
| 2.08 | Canal Rionegro – Av. Cali | Elevada | Línea nueva |
| 2.09 | Calle 80 – Av. Cali – Av. Rincón | Elevada | Línea nueva |
| 2.10 | Calle 80 – Av. Cali – Av. Rincón | Subterránea | Línea nueva |
| 2.11 | Calle 80 – Av. Cali | Elevada | Línea nueva |
| 2.12 | Calle 80 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 2.2 Este análisis concluyó, que las alternativas con tipo de conexión en extensión, representan mayores costos de operación y mantenimiento, entre otras variables que afectan el sistema, por lo que se decidió continuar con las alternativas con tipología de conexión “Línea Nueva”, quedando los 10 corredores a los que se le desarrolló la evaluación final como se muestra en la Tabla 2.2.
- 2.3 Posteriormente el análisis multicriterio permitió combinar múltiples variables y obtener un resultado numérico que clasificó las diferentes alternativas, lo cual determinó que el corredor Calle 72 – Av. Cali, en cualquiera de sus dos alternativas, subterránea o mixta, se puede definir como la alternativa de mejor desempeño o mejor calificada y que corresponden a las alternativas 2.13 Calle 72 – Av. Cali mixta y 2.14 Calle 72 – Av. Cali, subterránea, con una valoraciones de 81.94 y 81.82 respectivamente como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Resultados del análisis de alternativas

| Alternativa | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Longitud Total (Km) | Longitud Elevado (Km) | Longitud Subterráneo (Km) | Longitud Nivel (Km) | Estación elevada (Un) | Estación subterránea (Un) | Oferta Conservadora | Oferta Optimista | Promedio |
|-------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|------------------|----------|
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 14.73 | 7.34 | 7.39 | 0.00 | 5 | 5 | 81,99 | 81,88 | 81,94 |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 14.73 | 0.00 | 14.73 | 0.00 | 0 | 10 | 81,67 | 81,97 | 81,82 |
| 2.10 | Calle 80 – Av. Cali – Av. Rincón | Mixta | Línea nueva | 15.82 | 1.34 | 14.48 | 0.00 | 0 | 11 | 78,45 | 78,32 | 78,39 |
| 2.09 | Calle 80 – Av. Cali – Av. Rincón | Elevada | Línea nueva | 15.94 | 15.94 | 0.00 | 0.00 | 11 | 0 | 77,86 | 77,73 | 77,8 |
| 2.11 | Calle 80 – Av. Cali | Elevada | Línea nueva | 15.31 | 15.31 | 0.00 | 0.00 | 0 | 11 | 77,04 | 77,15 | 77,09 |
| 2.12 | Calle 80 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 15.16 | 1.32 | 13.84 | 0.00 | 11 | 0 | 76,91 | 77,02 | 76,97 |
| 2.04 | Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali | Elevada | Línea nueva | 16.98 | 16.98 | 0.00 | 0.00 | 12 | 0 | 74,03 | 73,79 | 73,91 |
| 2.06 | Calle 100 – Av. 68 – Cl 80 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 16.72 | 3.57 | 13.15 | 0.00 | 11 | 2 | 73,72 | 73,47 | 73,6 |
| 2.08 | Canal Rionegro – Av. Cali | Elevada | Línea nueva | 14.91 | 13.19 | 0.00 | 1.72 | 9 | 0 | 70,04 | 70,44 | 70,24 |
| 2.02 | Calle 127 – Av. Rincón – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 16.31 | 15.21 | 1.10 | 0.00 | 10 | 0 | 68,01 | 68,5 | 68,25 |

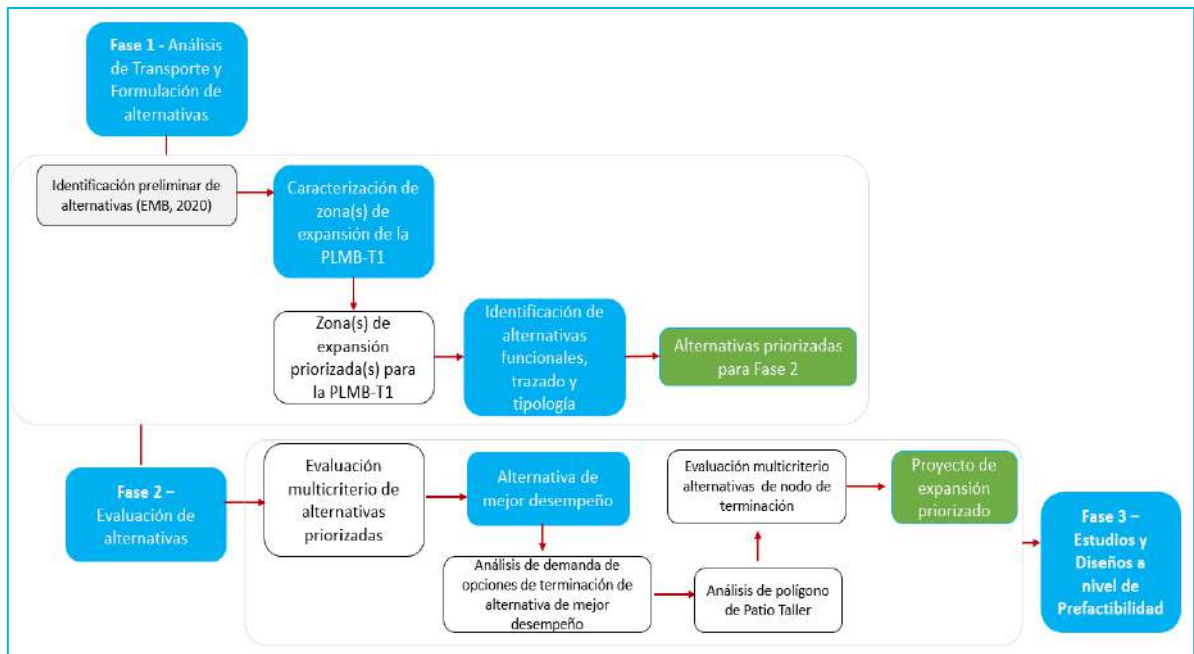
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

3 Definición del nodo de terminación

Metodología

- 3.1 Esta sección contiene la metodología que se implementará para el análisis del nodo de terminación óptimo para el “Proyecto de Expansión Priorizado” de la PLMB-T1, de acuerdo con lo definido en los términos de condiciones contractuales de la presente Consultoría.
- 3.2 Como resultado de la aplicación de las Fases I y II de la presente consultoría se determinó que la “Alternativa de mejor desempeño” es una Línea Nueva cuyo trazado es: Calle 72 – Avenida Ciudad de Cali hasta el Portal de Suba.
- 3.3 Para definir el proyecto de expansión priorizado se desarrolló un análisis de demanda con diferentes opciones de terminación de la alternativa de mejor desempeño, análisis de polígono de Patio – Taller, a partir de la preselección de áreas de terreno disponibles y finalmente la evaluación multicriterio de las alternativas de terminación, una vez validadas desde el componente de demanda, con la metodología aplicada en la Fase 2 del Contrato.
- 3.4 En la siguiente figura, se muestra a manera de esquema la secuencia de actividades hasta la selección del proyecto de expansión priorizado.

Figura 3.1 Esquema general de la relación entre las fases del estudio



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 3.5 Los siguientes son los insumos requeridos para el análisis:
- “Alternativa de Mejor Desempeño” aprobado por el Comité Técnico, resultado del desarrollo del Entregable No. 2 Evaluación de Alternativas.
 - Análisis de fuentes de pago que FDN le entregó al Equipo Consultor.
- 3.6 El propósito del análisis es optimizar la inversión de los recursos disponibles para la alternativa de mejor desempeño seleccionada en el Entregable 2, y de esta manera proponer el “proyecto de expansión priorizado”, que incorpore la restricción presupuestal, para lo cual se harán análisis para tres (3) Escenarios de Fuentes Disponibles.
- 3.7 Los tres (3) Escenarios de Fuentes Disponibles identificados en el análisis realizado por la Financiera de Desarrollo Nacional - FDN, en el documento “INFORME DE FUENTES PAGO EXPANSIÓN PRIMERA LÍNEA METRO DE BOGOTÁ”, corresponden a los siguientes topes de inversión en CAPEX:
- cofinanciación del 40% CAPEX de \$ 3,9 Bn de pesos, con una financiación de \$ 2,3 Bn de pesos
 - Cofinanciación del 70%: CAPEX de \$ 7,5 Bn de pesos, con una financiación de \$ 5,4 Bn de pesos
 - Asumiendo recursos adicionales por parte del Distrito por \$ 1,8Bn de pesos durante el periodo de construcción y con una cofinanciación del 70% por parte de la Nación, el CAPEX total aumentaría a \$ 12,3Bn de pesos

Identificación de Alternativas de nodo de terminación

- 3.8 Como se indica en la metodología, como consecuencia del análisis realizado en el entregable 2, se obtuvo la alternativa de mejor desempeño, la que corresponde los corredores Calle 72 y Av. Cali como línea nueva en tipología mixta, de acuerdo a esto, en este informe, se procederá a desarrollar un análisis multidisciplinario de este corredor, retomando ahora opciones adyacentes y variables más precisas, que permitan identificar nodos de terminación, puntos de interconexión, corredores anexos, disponibilidad predial, opciones de patio taller y cola de maniobras entre otros, asegurando la conveniencia de la línea a diseñar.
- 3.9 Es así como para el caso particular, se retomó la llegada a la zona de expansión, viabilizando posibilidades las cuales incorporaron a la alternativa seleccionada el ramal de llegada de la reserva de la Av. ALO, por lo cual se definió, el como punto de llegada para estas dos alternativas, la intersección de la Av. ALO con la Av. Transversal de Suba, logrando así una comparación simétrica entre ambas líneas en términos de origen destino, adicional a esto, dicho análisis se complementó mediante la incorporación de ambas tipologías para cada una, resultando de esta manera las alternativas Calle 72 Av. Cali (mixta y Subterránea) y Calle 72, Av. Cali, Av. ALO (Mixta y subterránea) detalladas a continuación

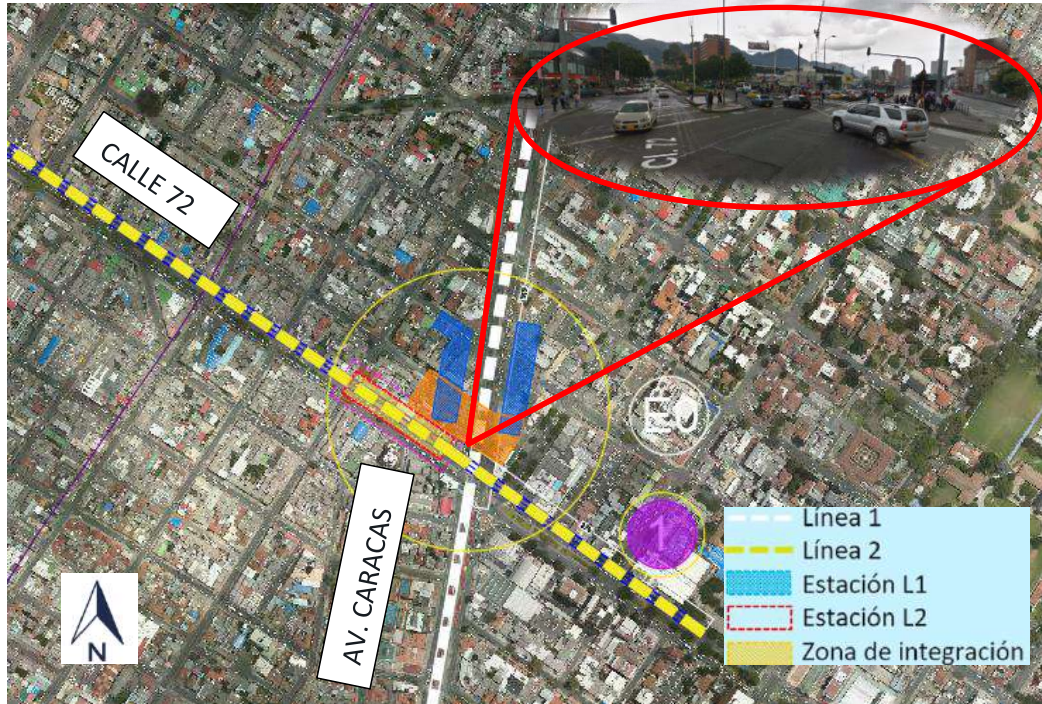
Análisis de Alternativas de nodo de terminación

- 3.10 En el presente capítulo se hará una descripción detallada del nodo de terminación como resultado de la selección realizada a partir de las 4 alternativas de terminación de línea y la combinación de las mismas con las opciones viabilizadas de patio taller. El análisis propiamente dicho considera también, en cada línea estudiada, las condiciones técnicas requeridas para la incorporación de una cola de maniobras y la integración con otros proyectos de Bogotá-Región y su desempeño en conjunto.

Alternativas evaluadas

- 3.11 Para el desarrollo de las 4 alternativas, los análisis partieron del nodo de la Calle 72 con carrera 14 o Av. Caracas donde se logra la integración intermodal con la Primera Línea del Metro de Bogotá y TransMilenio, ver Figura 3.2.

Figura 3.2 Nodo de inicio de alternativas estudiadas



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 3.12 Desde este lugar se estudian varias opciones de trazado que incluyen alternativas con tipología subterránea y Mixta (Subterráneo + elevado), mediante el planteamiento de una línea nueva hasta el nodo en común en la zona de la ALO con Tv Suba y su comunicación con el patio y taller.
- 3.13 A modo general, en la tabla “Características generales de las alternativas analizadas” se presentan las alternativas para conectar el nodo de inicio y la zona de expansión en la localidad de Suba, donde se pueden evidenciar las longitudes estimadas de vía férrea doble, el número de estaciones por alternativa y su tipología, Tabla 3.3:

Tabla 3.3 Características generales de las alternativas analizadas

| Alternativa | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Longitud Total (Km) | Longitud Elevado (Km) | Longitud Subterráneo (Km) | Estación elevada (Km) | Estación subterránea (Km) |
|-------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba | Subterránea | Línea nueva | 14.30 | 0.00 | 14.30 | 0 | 11 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba | Mixta | Línea nueva | 14.30 | 6.91 | 7.39 | 6 | 5 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Subterránea | Línea nueva | 13.71 | 0.00 | 13.71 | 0 | 10 |
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Mixta | Línea nueva | 13.71 | 6.32 | 7.39 | 5 | 5 |

Nota: Las distancias registradas corresponden a longitud de vía metro doble. Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá 2021.

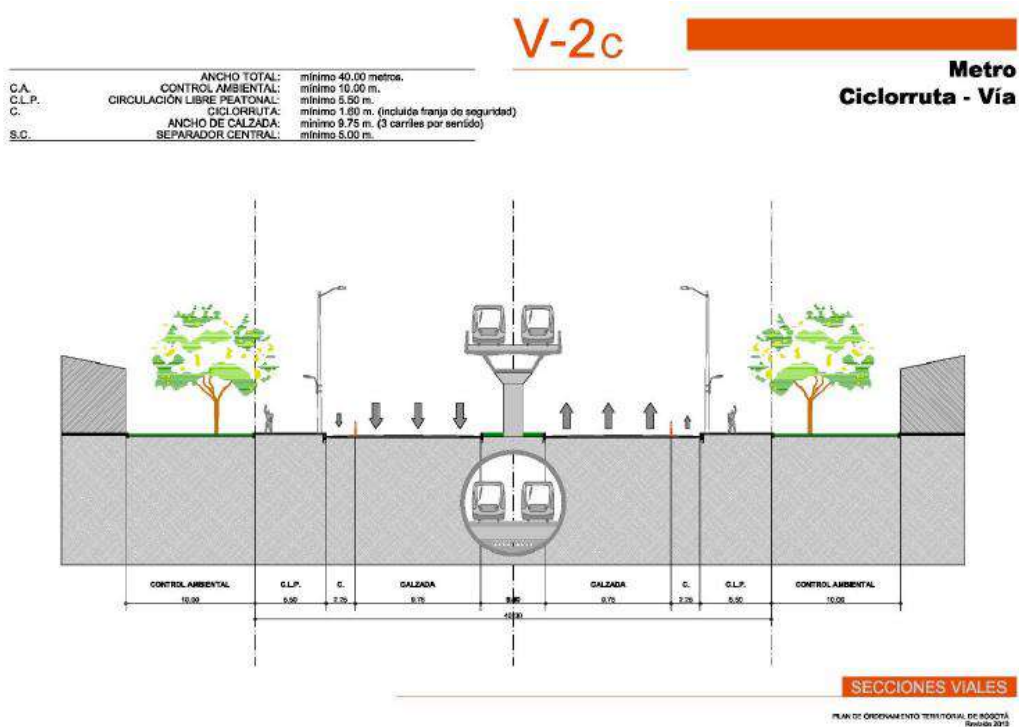
Corredores usados para el desarrollo de alternativas

- 3.14 En esta etapa de análisis, los corredores usados para el desarrollo de las diferentes alternativas presentan las siguientes características:

Avenida Calle 72 o Avenida Chile

- 3.15 La Avenida Calle 72 o Avenida Chile atraviesa la ciudad en sentido oriente occidente en calzada bidireccional, conectando las localidades de Chapinero y Engativá. Esta vía, actualmente tiene una configuración que no es homogénea y presenta anchos variables y reducidos a lo largo del corredor y según la SDP (Secretaría Distrital de Planeación) contempla una sección V2, la cual presenta un ancho hasta de 40 m. Figura 3.3

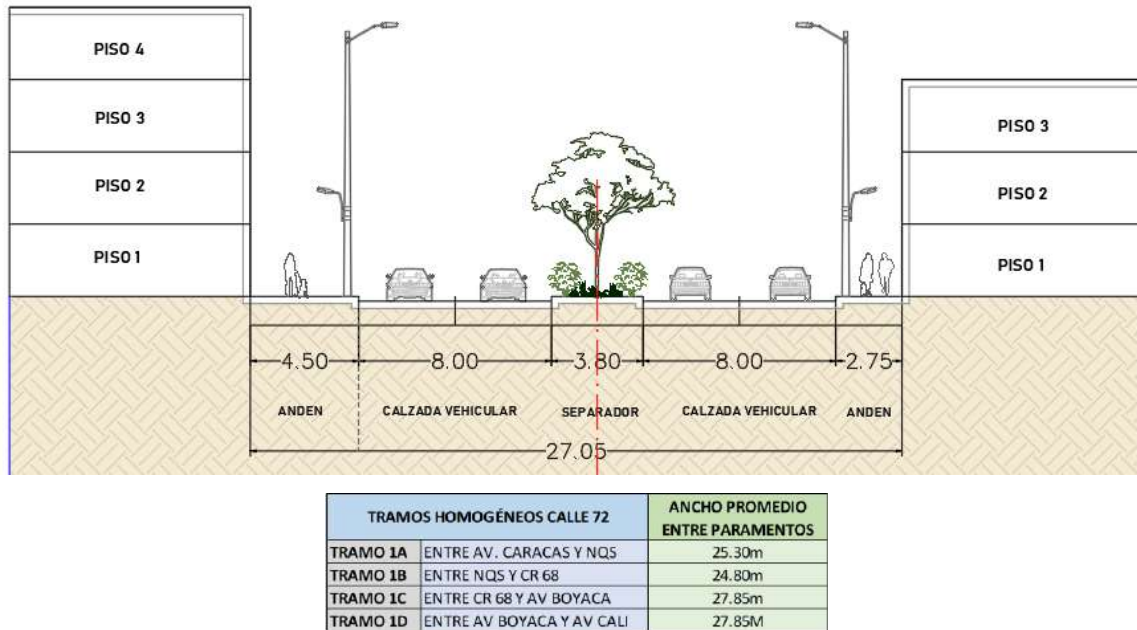
Figura 3.3 Sección Vial V2 con sistema metro elevado o subterráneo - POT Bogotá.



Fuente: Anexo 8 – Decreto 190 de 2004

- 3.16 Con respecto al análisis sobre este corredor, las diferentes alternativas para la extensión del sistema metro discurren de forma subterránea en este tramo; de manera preliminar podemos indicar que el eje de trazado se encuentra en promedio a 15 m de los linderos de los predios colindantes, donde el sistema férreo se desarrollará en una cota promedio de 20 m bajo el terreno existente, sin interferir de forma directa con las cimentaciones de los predios contiguos. En la siguiente figura se observa la sección vial existente del corredor de la calle 72 la cual es variable, hay tramos como por ejemplo entre la carrera 14 y la carrera 30, entre otros sectores del corredor en los cuales se identificaron anchos de estrechos de vía, ver Figura 3.4.

Figura 3.4 Sección corredor vial calle 72 existente

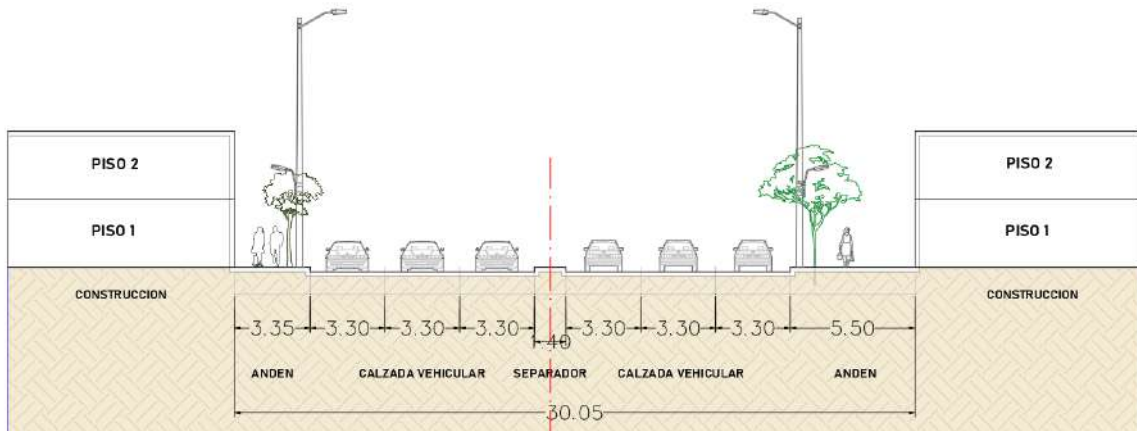


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Avenida Ciudad de Cali (Entre Cl 72 y Av. Suba)

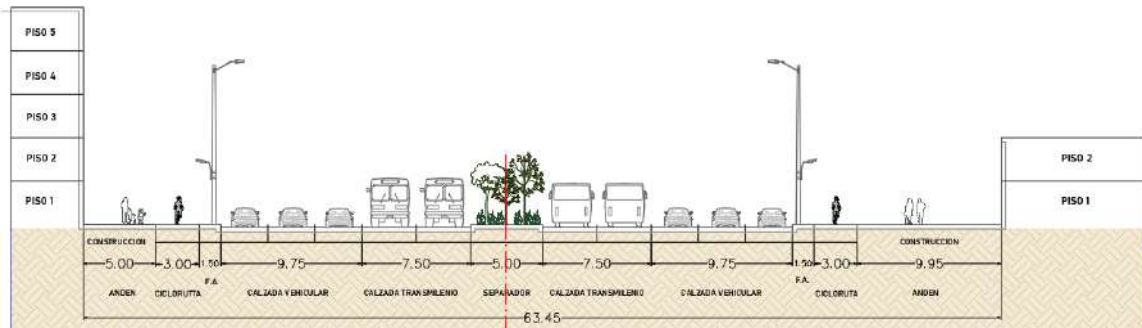
- 3.17 La Av. Ciudad de Cali o Carrera 86 recorre la ciudad de Norte a Sur en calzada bidireccional, permite la conexión con el municipio de Soacha al sur de la ciudad. Según la SDP, este corredor en su tramo sur (desde el límite con Soacha hasta la Av. Manuel Cepeda Vargas-Calle 6) contempla una sección vial V2; en su tramo central (Av. Manuel Cepeda Vargas-Calle 6 hasta la Av. José Celestino Mutis-Calle 63) contempla un perfil vial V1 y el tramo norte entre (Av. José Celestino Mutis-Calle 63 hasta Reserva Thomas Van der Hammen) contempla nuevamente un perfil vial V2. Este último tramo se analiza para el desarrollo de las alternativas de trazado del metro, donde el perfil vial requiere un ancho de 40 metros.
- 3.18 No obstante, las condiciones actuales de este corredor muestran anchos hasta de 30 m en el tramo de la Av. Ciudad de Cali entre calle 72 y carrera 91, como se muestra en la Figura 3.5; sin embargo, entre la calle 72 y la calle 80 se proyecta ampliar el ancho del perfil vial a 60 m, donde se incluyen dos calzadas vehiculares de tres carriles por sentido, dos carriles por sentido para el sistema TransMilenio y un separador central de 6 m de ancho, cicloruta ambos costados y andenes de 3.50m de ancho como mínimo y cuya longitud aumenta de acuerdo a la adquisición predial considerada para el proyecto de ampliación de la troncal BRT. Figura 3.6

Figura 3.5 Perfil vial con existente en la Av. Ciudad de Cali entre Calle 72 y Carrera 91



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Figura 3.6 Perfil vial con TransMilenio proyectado en la Av. Ciudad de Cali entre Calle 72 y Calle 80



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021 a partir de diseños TM por Av. Cali-Contrato IDU 1352 de 2017.

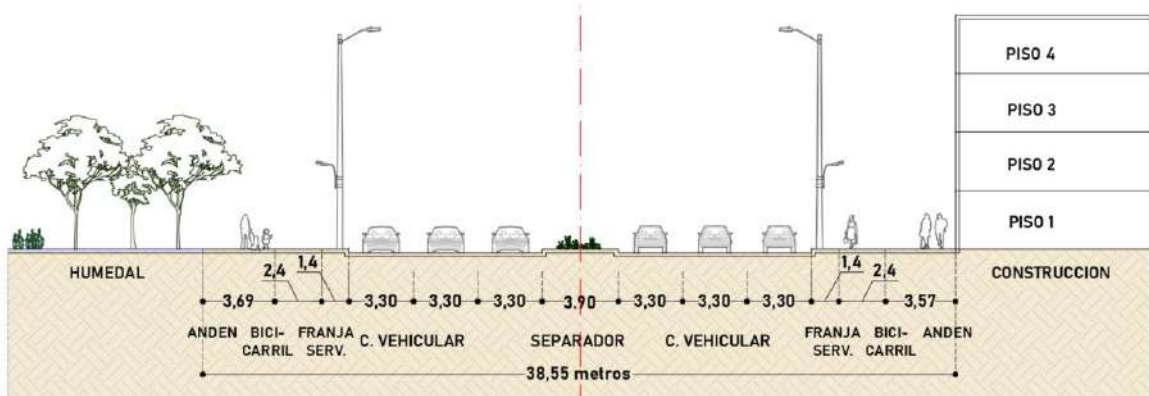
Figura 3.7 Registro fotográfico Av. Ciudad de Cali



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

3.19 Luego del paso por estos sectores sobre la Av. Ciudad de Cali, en el tramo entre la Carrera 91 hasta la Av. Suba, la vía existente presenta un ancho promedio de 38.55 m Figura 3.8.

Figura 3.8 Perfil vial existente Av. Ciudad de Cali entre Carrera 91 y Av. Suba

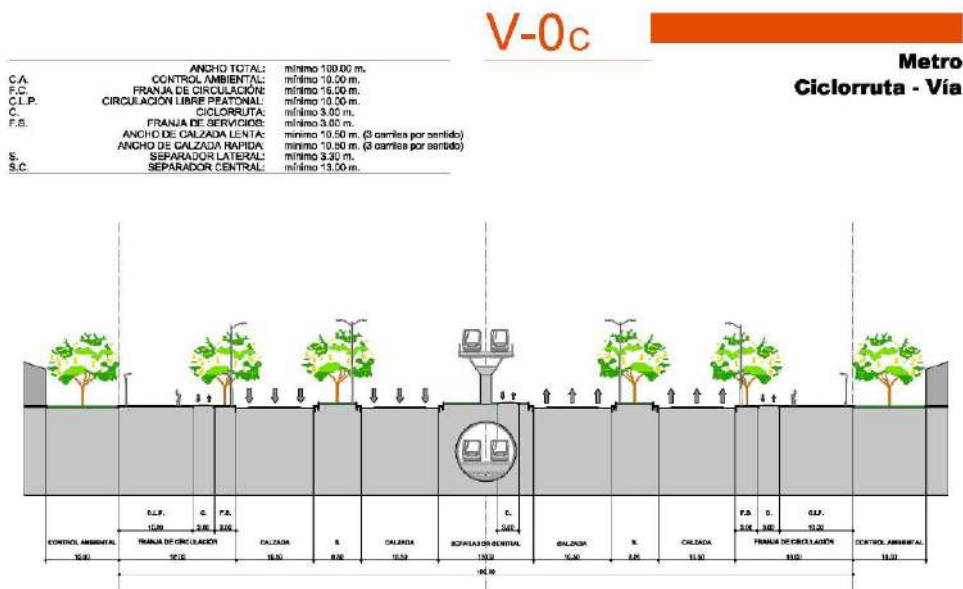


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Avenida Longitudinal de Occidente – ALO, entre calle 128 y Av. Suba

3.20 La Avenida Longitudinal de Occidente o ALO según el Sistema de movilidad - Secciones viales y circuitos de movilidad del POT de Bogotá presenta un perfil vial V0¹ con un ancho proyectado de 100 m ver

Figura 3.9 Perfil vial ALO según el Sistema de movilidad - Secciones viales y circuitos de movilidad del POT de Bogotá



¹ <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>

Fuente: Anexo 8 – Decreto 190 de 2004

3.21 Actualmente, la reserva vial se encuentra libre de predios para el desarrollo vial de la autopista urbana, salvo unas zonas muy específicas donde se observan algunas invasiones. La franja existente de la reserva vial, varía entre 90m y 140m en el tramo de estudio. Figura 3.10

Figura 3.10 Reserva vial Av. ALO entre calle 128 y Av. Suba

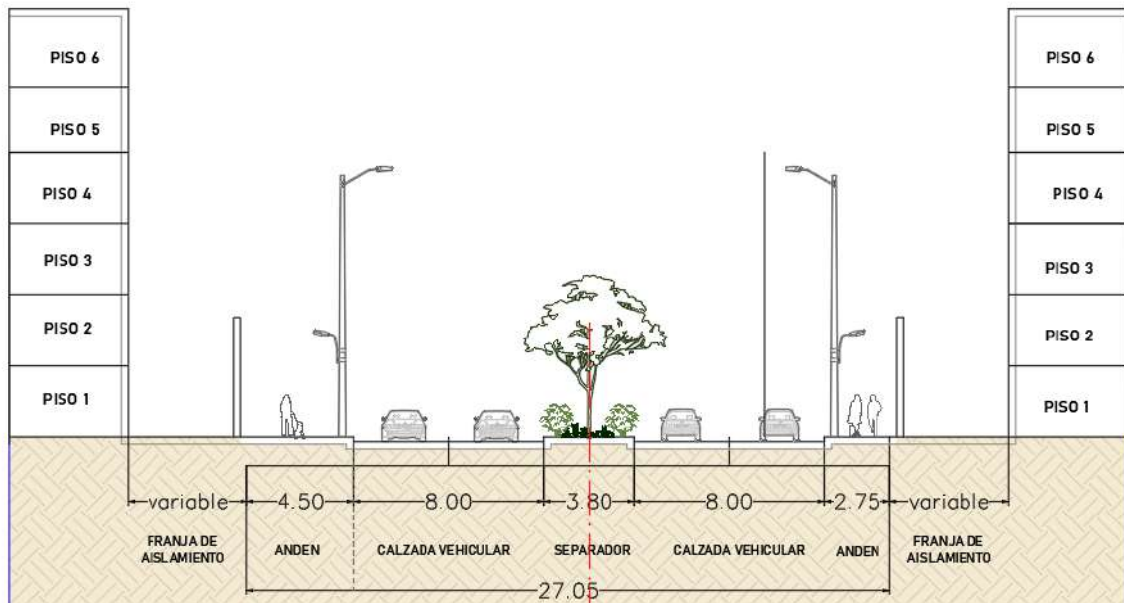


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Avenida Suba entre Av. Cali y Carrera 147

3.22 La Avenida Suba o calle 145 desde la Av. Ciudad de Cali hasta la carrera 147 según el POT de Bogotá proyecta un perfil vial tipo V2², con un ancho de 40 m. No obstante, entre la ALO y la carrera 136A el perfil vial existente presenta un ancho no mayor a 30 m acorde a un perfil vial V3. El tramo mencionado puede tener la opción de disponer con las franjas laterales de control ambiental, sujeta a la verificación de la viabilidad de cambio de uso de suelo y aval de la Secretaría de Planeación Distrital.

Figura 3.11 Perfil vial existente Av. Suba entre ALO y carrera 136^a



² <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 3.23 Respecto al tramo de la Av. Suba entre la carrera 136A y carrera 147, no cuenta con la construcción de vía, pero se cuenta con la reserva vial con un ancho suficiente para el desarrollo de una vía V2.

Figura 3.12 Estado actual Av. Suba entre carrera 136ª y carrera 147



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Trazado geométrico de cada alternativa

Objeto de la actividad trazado geométrico

- 3.24 El objetivo de la actividad de trazado geométrico de las alternativas es el de identificar la factibilidad técnica de la inserción urbana de las cuatro (4) alternativas contempladas en el análisis multicriterio. Específicamente se busca:
- Precisar los corredores usados para el desarrollo factible del sistema férreo;
 - Identificar las posibilidades técnicas para la inserción de la transición de infraestructura elevada a infraestructura subterránea;
 - Presentar los condicionantes para la inserción del trazado elevado y subterráneo;
 - Inserción preliminar de las estaciones;
 - Identificación de afectación predial;
 - Identificación de interferencia con redes;
 - Identificación de afectación a zonas ambientales protegidas y
 - Analizar la inserción del sistema férreo por tramos, identificando las singularidades.
- 3.25 El esquema de las alternativas de trazado se presenta en el Anexo A. Trazado geométrico de cada Alternativa.

Hipótesis del trazado

3.26 Se validan y se adoptan algunos parámetros del diseño geométrico propuestos en los estudios de prefactibilidad de la PLMB en el año 2016, teniendo en cuenta que dentro de las alternativas propuesta se encuentra la extensión de la PLMB-T1 y se proponen unos nuevos para el desarrollo del trazado en tipología elevada y su enlace con los tramos subterráneos. Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Hipótesis de diseño geométrico

| Parámetro | Valor | Observaciones |
|--|---------------------------|---|
| Velocidad máxima | 90km/h | |
| Galibo estático MR | 3,20m | Según análisis matriz multicriterio Systra |
| Entre-eje | 3,90m | Según análisis matriz multicriterio Systra |
| Trazado en planta: | | |
| Radio mínimo | 250m 400m recomendable | En función de la problemática específica en ciertas curvas con relación a la afectación predial y la cercanía a estaciones, se puede contemplar la reducción excepcional del radio a 200m: <ul style="list-style-type: none"> Impacto negativo sobre la calidad de explotación: reducción de la velocidad de diseño, mayor mantenimiento, reducción del nivel de confort. |
| Longitud mínima de los elementos de geometría | 20m 30m recomendable | |
| Andenes: | | Localización de estaciones en alineamiento recto. |
| Longitud (para trenes de 6 ó 7 vagones) | 150m 15m | |
| Distancia a curva horizontal | 1,72m | |
| Distancia horizontal nariz de andén / eje de vía | 1,10m | |
| Distancia vertical andén / plano de rodadura | | |
| Transición infraestructura elevada a subterránea: | | La longitud de la transición varía en función de la diferencia de nivel a obtener entre el viaducto y el túnel. |
| Anchura / Longitud | 14m / ≈1Km | |
| Pendiente longitudinal máxima | 4% | |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Zonas de transición

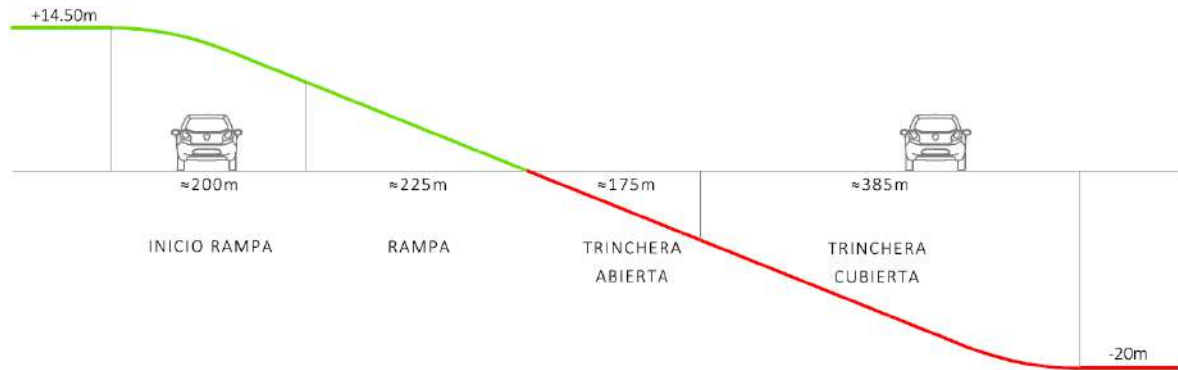
3.27 Las zonas de transición corresponden al punto en el que finaliza el tramo con tipología elevada para enlazar con la solución subterránea del proyecto o viceversa. Por un lado, se ha considerado la longitud necesaria para efectuar la transición de tipo de infraestructura: a partir de la cota nominal de la vía elevada, se desciende hacia el nivel de calle (nivel 0) mediante una rampa, que continúa primero en trinchera abierta, luego en trinchera cubierta hasta alcanzar la cota nominal de la tipología tipo túnel.

3.28 En esta fase del estudio se han adoptado las mismas hipótesis de diseño para todas las alternativas, con una pendiente máxima de 4%. Además, se adopta las mismas hipótesis de Systra

en los estudios de prefactibilidad de la PLMB en el año 2016, respecto a las cotas de vía inicial y final, para poder determinar la longitud aproximada de la transición, que pasa de +14,5m hasta -20m. A continuación, se presenta un esquema con los diferentes segmentos de la transición.

Figura 3.13

Figura 3.13 Transición entre tipologías elevada y subterránea



Fuente: Estudios de prefactibilidad de la PLMB en el año 2016 - PLMB-SYS-DOC-TOD-0500-0B -Beneficios económicos de opciones de inversión frente al trazado original

- 3.29 Además de la transición de la infraestructura, otro aspecto considerado es el planteamiento de una cola de maniobras, en el contexto de una ejecución por fases. Este análisis, se debe confrontar a un estudio de explotación, el cual define la configuración y necesidades espaciales de la cola.
- 3.30 No obstante, para esta etapa de análisis, se adopta una cola de maniobra de 400 m para la regularización operacional de la línea 2, la cual permite dos posiciones de estacionamiento y dos posiciones de retorno para un material rodante de 120m de longitud.

Trazado, características y ubicación

Alternativa 2.13 / Calle 72 – Av. Cali / Subterránea / Línea nueva

- 3.31 La Alternativa 2.13 funciona como una línea nueva que inicia en la Av. Caracas con Calle 72 e intercepta la PLMB en un nivel diferente, donde se plantea una estación de conexión, permitiendo la interfaz entre la tipología elevada y la tipología subterránea. Figura 3.14

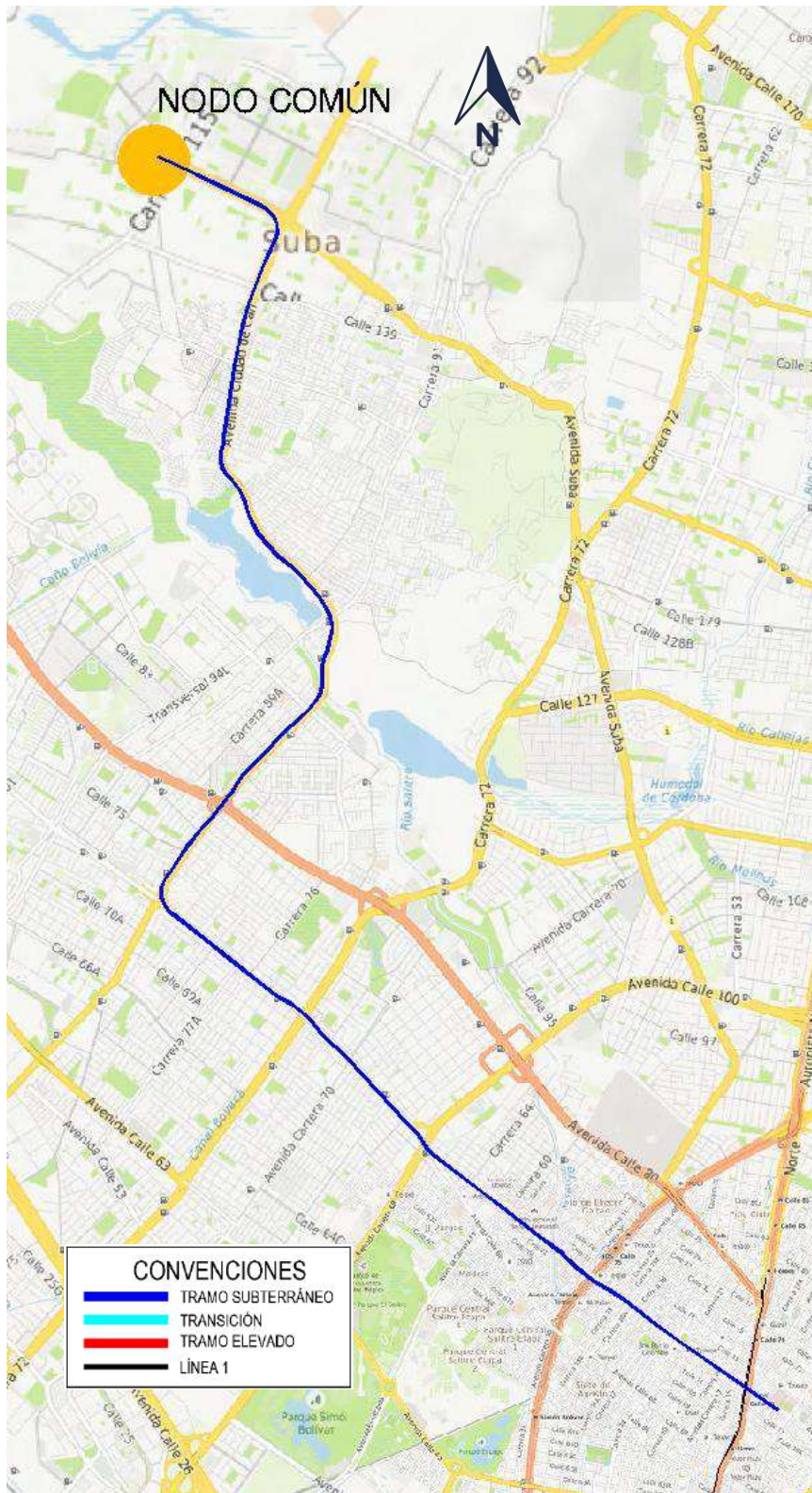
Figura 3.14 Alternativa 2.13 / Calle 72 – Av. Cali / Subterránea / Línea nueva – Nodo de conexión con la PLMB



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 3.32 El trazado con tipología subterránea toma el corredor de la Calle 72 en dirección occidente hasta la Avenida Ciudad de Cali, donde hace un giro en dirección norte y continúa por este eje vial pasando al costado del Humedal Juan Amarillo, luego alcanza la Calle 145 en el Portal de TransMilenio de Suba y finalmente discurre al occidente por la Av. Suba hasta nodo en común en su intersección con la reserva vial de la ALO como se ilustra en la Figura 3.15.

Figura 3.15 Alternativa 2.13 / Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba / Subterránea / Línea nueva

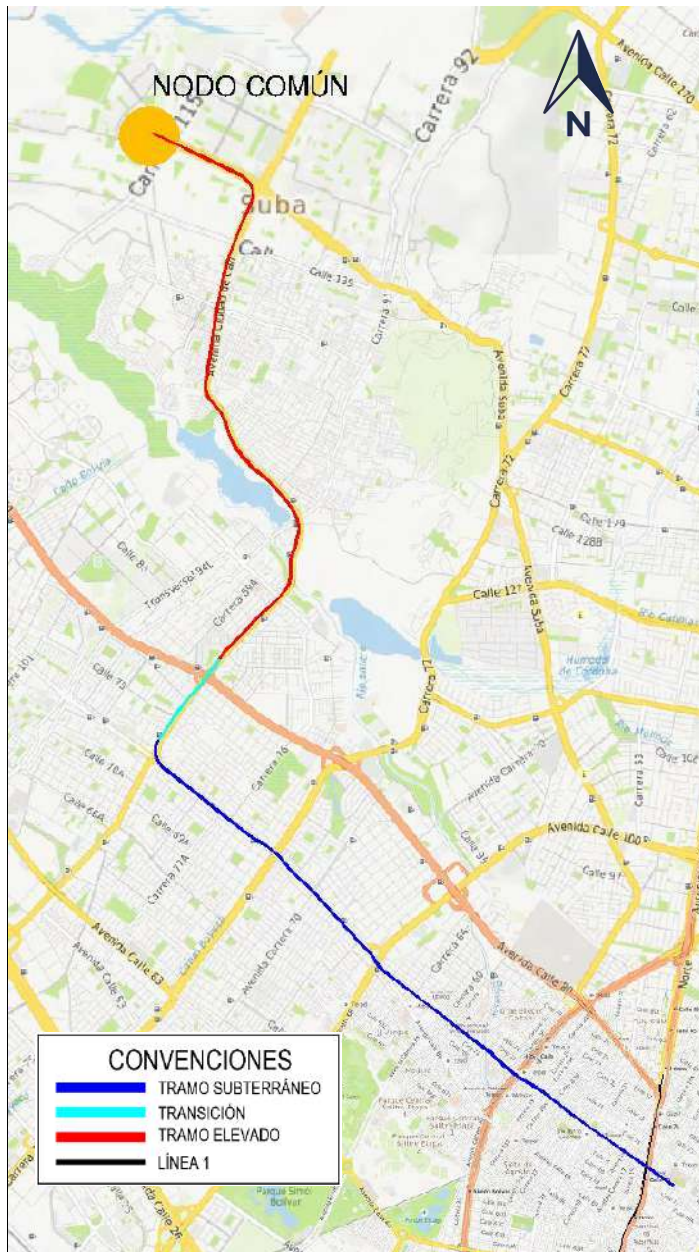


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Alternativa 2.14 / Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba / Mixta / Línea nueva

3.33 Esta alternativa inicia en el mismo punto y en las mismas condiciones que la alternativa 2.13, discurriendo de manera subterránea a lo largo de la calle 72 hasta alcanzar la Av. Cali, punto en el cual se desarrolla la transición entre tipologías subterránea y elevada en una longitud aproximada de 1.0 Km, comenzando en la Av. Cali con calle 72 y finalizando a la altura de la calle 80. Desde este punto, el trazado se desarrolla con tipología elevada por la Av. Cali hasta alcanzar el portal de TransMilenio de Suba y discurriendo al occidente por la Av. Suba hasta llegar al punto en común Figura 3.16.

Figura 3.16 Alternativa 2.14 / Calle 72 – Av. Cali / Mixto / Línea nueva

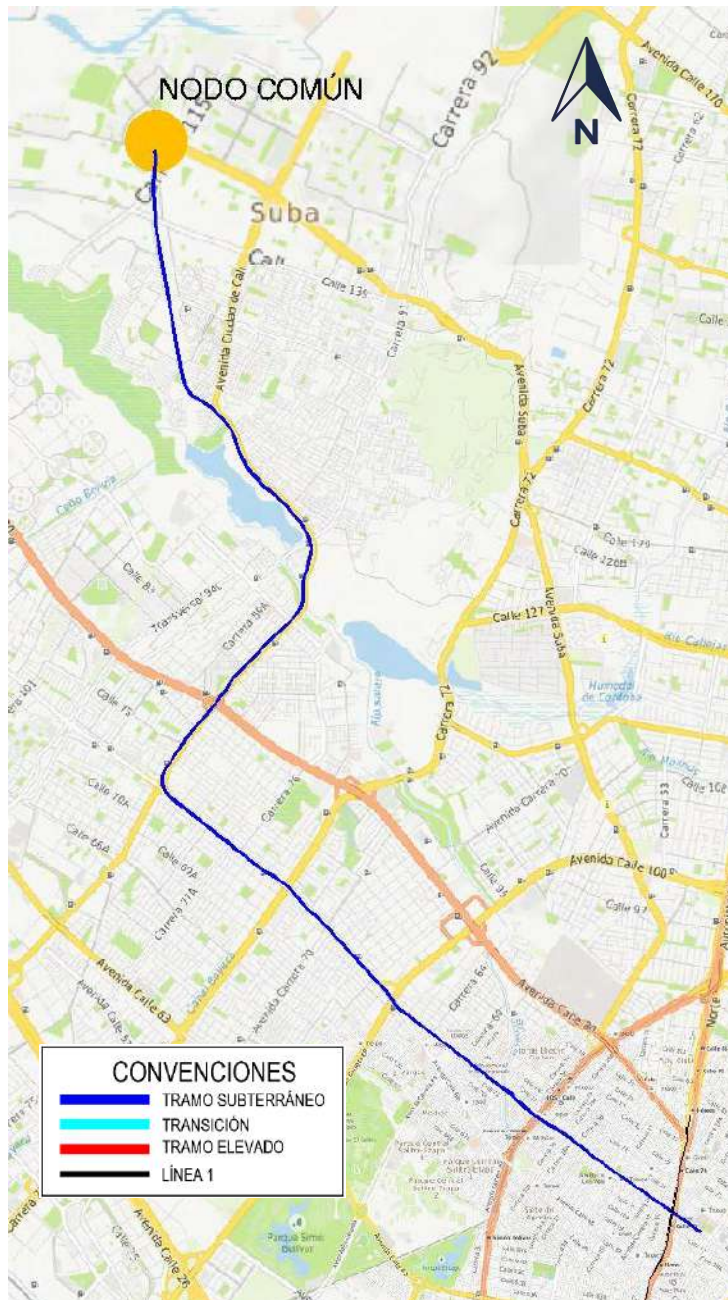


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Alternativa 2.15 / Calle 72 – Av. Cali – ALO / Subterránea / Línea nueva

3.34 Esta alternativa inicia en el mismo punto y en las mismas condiciones que las alternativas anteriores, discurriendo de manera subterránea a lo largo de la calle 72 hasta alcanzar la Av. Cali, donde hace un giro en dirección norte y continúa por este eje vial pasando al costado del Humedal Juan Amarillo, luego del paso por esta zona de reserva ambiental, el trazado discurre bajo el barrio Nueva Colombia y conecta con el alineamiento de la reserva vial de la ALO, continuando al norte hasta alcanzar el nodo en común en la intersección con la reserva vial de la Av. Suba Figura 3.17.

Figura 3.17 Alternativa 2.15 / Calle 72 – Av. Cali - ALO / Subterránea / Línea nueva

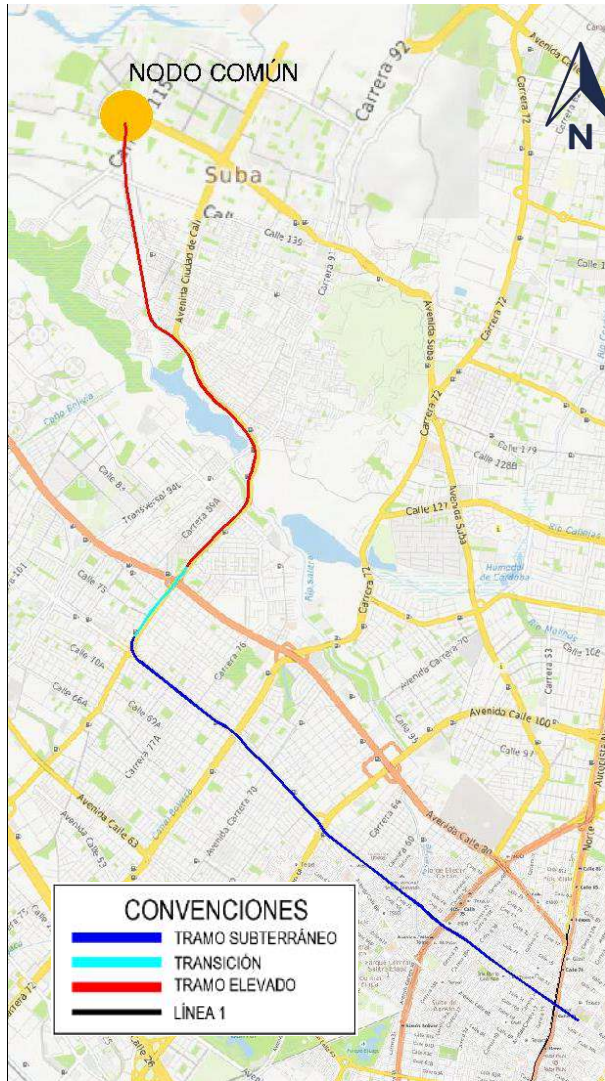


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Alternativa 2.16 / Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba / Mixta / Línea nueva

- 3.35 Esta alternativa inicia en el mismo punto y en las mismas condiciones que las alternativas anteriores, discurriendo de manera subterránea a lo largo de la calle 72 hasta alcanzar la Av. Cali, punto en el cual se desarrolla la transición entre tipologías subterránea y elevada en una longitud aproximada de 1.0 Km, comenzando en la Av. Cali con calle 72 y finalizando a la altura de la calle 80. Desde este punto, el trazado se desarrolla con tipología elevada por la Av. Cali cruzando por un costado del humedal Juan Amarillo, luego del paso por esta zona de reserva ambiental, el trazado discurre entre el barrio Nueva Colombia, generando una afectación predial importante, al no existir un corredor vial que se pueda usar para reducir dicha afectación.
- 3.36 Luego, el trazado férreo conecta con el alineamiento de la reserva vial de la ALO, continuando al norte hasta alcanzar el nodo en común en la intersección con la reserva vial de la Av. Suba Figura 3.18.

Figura 3.18 Alternativa 2.16 / Calle 72 – Av. Cali – ALO / Mixto / Línea nueva



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Polígonos para la ubicación del Patio - Taller

Aproximación al sector

- 3.37 Para el ejercicio inicial de selección de posibilidades para la localización del Patio Taller en la localidad de Suba se llevó a cabo un análisis macro del sector en el cual termina el trazado de la línea 2 propuesta. A partir de este análisis se identificó que el sector comprendido entre la Avenida Ciudad de Cali por el oriente, el Humedal La Conejera por el norte, el Humedal Juan Amarillo por el sur y el borde del Río Bogotá por el occidente, es un sector altamente urbanizado, en el cual no existen predios de gran tamaño disponibles para urbanizar o construir.
- 3.38 De esta manera, las alternativas para la localización del Patio Taller están ubicados, o bien en zonas ya urbanizadas que tendrían que ser afectadas, o en zonas ubicadas por fuera del

perímetro urbano, en las inmediaciones de la ronda del Río Bogotá o la Reserva Tomás Van Der Hammen.

Metodología.

3.39 La metodología utilizada para la evaluación de las alternativas identificadas, se llevó a cabo de acuerdo con el siguiente proceso de selección:

Como primer paso, se identificaron 11 alternativas de polígonos posibles en los corredores viales seleccionados, teniendo en cuenta los siguientes criterios de:

- Áreas que no interrumpen vías principales del sector
- Áreas que no cuentan con BICs (Bienes de Interés Cultural) Distritales o Nacionales
- Áreas que no cuentan con equipamientos o parques de escala zonal o metropolitana
- Áreas que no cuentan con conjuntos residenciales o edificaciones en altura
- Áreas cercanas al trazado propuesto, y con alguna facilidad de conexión con el mismo

3.40 A continuación, se analizaron dichas alternativas bajos los siguientes criterios:

- Urbano-Paisajístico
- Social
- Ambiental
- Operacional
- Geométrico
- Predial

En una segunda etapa, se llevó a cabo el primer filtro de validación, a partir de los siguientes criterios de análisis:

- Área disponible (inicialmente se calculó un requerimiento de 10has)
- Viabilidad operacional y geometría
- Viabilidad ambiental

3.41 A partir de este primer filtro, se identificaron 4 alternativas viables.

Para finalizar el proceso de selección de las alternativas identificadas como viables, se llevó a cabo un análisis más profundo de cada una de ellas a partir de los siguientes criterios:

- Análisis de costos
- Análisis socio predial
- Análisis normativo – ambiental
- Distancia al nodo común
- Tiempo de viabilización

3.42 Como resultado de este análisis final, se presenta la alternativa seleccionada como recomendación final. A continuación, se encuentra el flujograma de la metodología utilizada Figura 3.19:

Figura 3.19 Metodología de selección de alternativa final Patio Taller



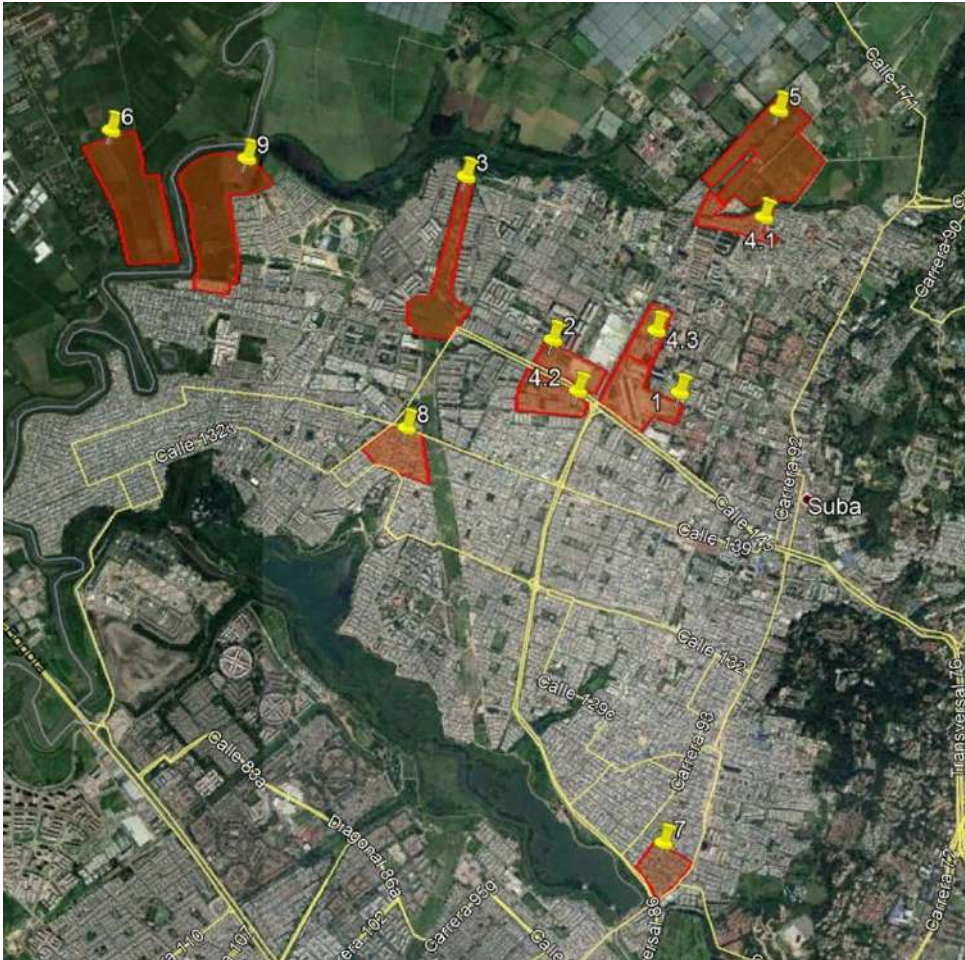
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Selección de alternativas iniciales.

3.43 Las alternativas iniciales identificadas, tal y como se ve en la Figura 3.20, son:

1. Predio Portal Suba
2. Predio Éxito
3. Predio ALO
- 4.1 Barrio residencial Cra. 103 con Calle 162
- 4.2 Barrio residencial Calle 143 con Cra. 107
- 4.3 Barrio residencial Cra. 104 con Calle 150^a
5. Predio Las Mercedes
6. Predio Cota
7. Predio Barrio Japón
8. Predio ALO-Gaitana
9. Predio Fontanar del Río

Figura 3.20 Localización 11 alternativas iniciales Patio Taller



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Alternativas viabilizadas.

3.44 De acuerdo con los resultados del primer filtro de validación que incluyó la verificación de área mínima necesaria para la implantación de la alternativa seleccionada, la validación operacional y geométrica del polígono y un análisis ambiental ver anexo J; los polígonos viables resultantes son:

- ALO-Gaitana,
- Fontanar del Río,
- Portal de Suba
- Predio Cota.

En coordinación con los avances respecto a la definición del trazado y tipología de línea, se llevó a cabo el análisis operacional para identificar las combinaciones posibles entre las alternativas de trazado, y las alternativas de Patio definidas. En este punto del estudio, y tal y como se describe en el capítulo siguiente, las alternativas de trazado que fueron analizadas en la matriz multicriterio final son:

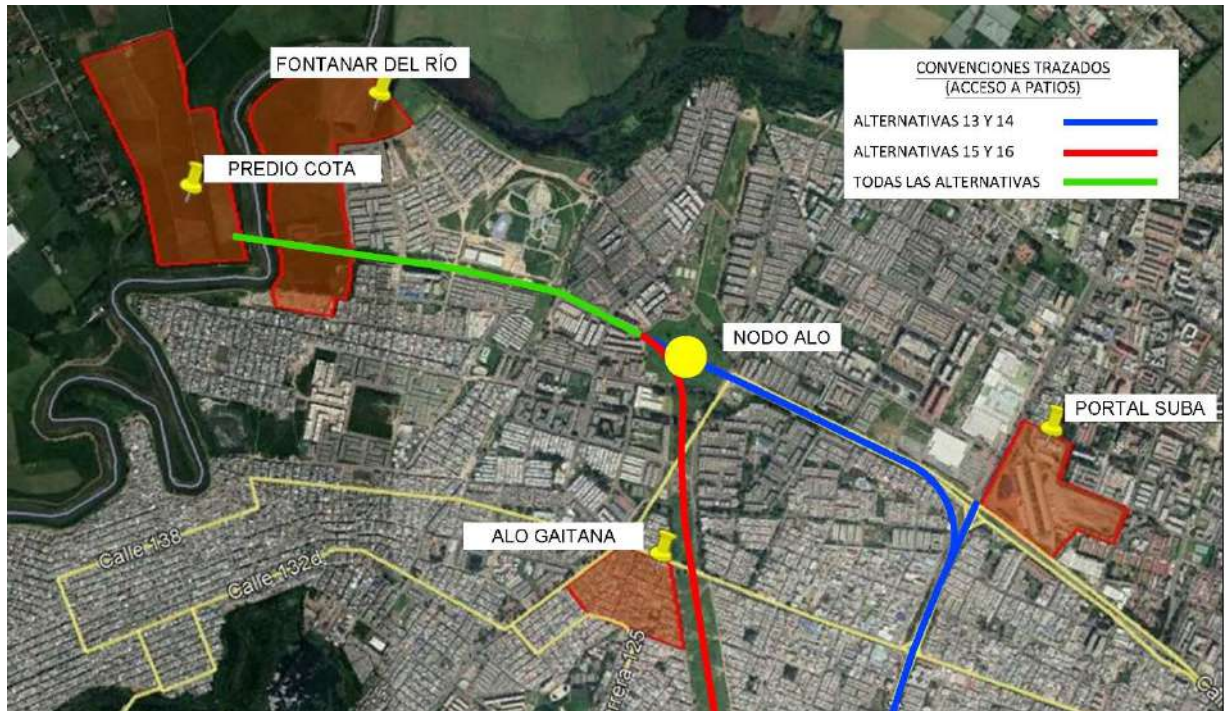
- Calle 72 – Av. Cali (subterránea)
- Calle 72 – Av. Cali – ALO (subterránea)
- Calle 72 – Av. Cali (mixta)
- Calle 72 – Av. Cali – ALO (mixta)

Para las alternativas correspondientes al trazado Calle 72 – Av. Cali, los polígonos viables de Patio Taller son: Portal Suba, Predio Cota y Fontanar del Río. Para las alternativas correspondientes al trazado Calle 72 – Av. Cali – ALO, los polígonos viables de Patio Taller son: Predio Cota, Fontanar del Río y ALO-Gaitana.

Nodo común

3.45 Para llevar a cabo el análisis de la matriz multicriterio para las 4 alternativas de trazado finales, y el estudio en detalle de las 4 alternativas de localización de Patio Taller, se definió un nodo común en la intersección de la prolongación de la Av. Suba y la reserva de la ALO. En la imagen siguiente, se muestran los trazados, con las combinaciones posibles de Patio, así como la localización del nodo común Figura 3.21:

Figura 3.21 Localización 4 alternativas viabilizadas Patio Taller



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Criterios de análisis

3.46 Los análisis en detalle de las 4 alternativas de polígonos viabilizados para la localización del Patio Taller se definieron así:

- Costo. Se evalúa el costo de adquisición predial, así como las obras o recorridos adicionales que se tengan que desarrollar para habilitar el predio para el uso de Patio Taller. Los

recorridos adicionales corresponden a aquellos que se requerirían para acceder al patio taller, pero sin ser parte del recorrido comercial (Tramos operacionales). Así mismo, se tiene en cuenta el número de estaciones adicionales que se generarían después del nodo común hasta el final de la línea para cada alternativa. Adicionalmente, se evaluarán las posibles obras adicionales que se requerirían en los casos de las alternativas que se encuentran contiguas al tejido urbano de la ciudad, tales como tratamientos de borde, buffer de espacio público, etc.

- **Riesgo socio-predial.** Se evalúa el número total de predios requeridos para el Patio Taller, así como el uso actual, tipología edilicia y costo promedio de los mismos. Se evalúa también dentro de este criterio, la composición social de los habitantes de los predios afectados, y el tiempo y la complejidad del proceso de gestión predial que se requeriría para completar la adquisición de los predios. Adicionalmente, se examina si existen dentro de los predios identificados, algunos que estén dentro de las franjas de reserva vial de la ciudad.
- **Viabilidad normativa-ambiental.** Dentro del análisis normativo, se tienen en cuenta las restricciones ambientales actuales de las alternativas, el uso actual de acuerdo al POT, y las posibilidades que se tengan de modificar el uso para viabilizar el desarrollo del Patio Taller. Por tratarse de un predio que requiere un área importante y unas características particulares, se cuenta con que no existe ninguna alternativa que cuente con el uso dotacional requerido, y por tanto todas las alternativas requerirán de un proceso de ajuste normativo. Se evalúa por tanto la complejidad de dicho trámite para cada caso. Se tiene en cuenta especialmente la normativa de la alternativa de Fontanar del Río, ya que su uso en el POT ha tenido modificaciones que podrían permitir el cambio de uso para la localización del patio taller.
- **Distancia a nodo común.** Se evalúa para cada alternativa la distancia desde el nodo común definido (intersección AV. Suba y reserva ALO), y las implicaciones que ésta tendría en cuanto a la localización de una o dos estaciones adicionales.
- **Tiempo de viabilización.** Se evalúa el tiempo requerido en cada una de las alternativas para llevar a cabo los trámites requeridos en cuanto a la gestión predial y gestión normativa necesarias para habilitar el uso dotacional de los polígonos.

Resultados Portal Suba

Figura 3.22 Localización polígono Portal de Suba



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Descripción general

3.47 La alternativa está localizada en la manzana del actual Portal de Suba de Transmilenio, en la esquina nororiental de la Avenida Ciudad de Cali y la calle 145. El área del predio es de 13.8has, aproximadamente, y el tratamiento urbanístico es de Consolidación y Renovación Urbana. La localización del Patio Taller supondría una afectación temporal completa de la operación del actual portal, ya que se tendría que intervenir en un 100%. Se requeriría un predio provisional para llevar a cabo la operación actual. Se debe considerar una posible afectación por ruido a las zonas residenciales aledañas Figura 3.22.

- Componente socio-predial.
 - Área total polígono: 13,8 Ha. Ampliable según necesidades finales Patio, con afectación en predios privados
 - Tratamientos POT: Consolidación – Renovación Urbana
 - Modalidad: Industrial-Urbanística-Equipamientos-Reactivación
 - En principio no se debe realizar adquisición predial adicional.
 - Se requiere buscar un lote para trasladar el portal, patio y taller del BRT durante la construcción del nuevo proyecto lo que representa un inconveniente.
 - Existe actualmente en el predio un Supercade
 - El desarrollo en niveles disminuye el área disponible
- Componente normativo-ambiental.
 - El predio tiene el uso del suelo requerido para desarrollo Patio Taller.

- POT Bogotá: No se encuentra en estructura ecológica principal.
- Resolución 0627 del 2006: En sector C-Ruido intermedio restringido. (máx. permisible ruido diurno 70 Db - Compatible con actividades que se desarrollaran en el patio – taller)
- Costo. Aprox. COP \$ 1,1Bn que incluye entre otros:
 - Valor Portal TM y Patio taller provisionales: se requiere construir un Portal y un Patio taller provisionales.
 - Construcción Portal TM: se deber readecuar un Portal de TM nuevo.
 - Valor construcción nuevo patio taller.
- Distancia a nodo común. 0,00 km, dado que se encuentra sobre el corredor.
- Tiempo de viabilización (estimado).
 - Tiempo de Reconstrucción: 16 meses.
 - Tiempo de localización y adecuación patio y Portal provisional: 18-20 meses

Resultados Predio Cota

Figura 3.23 Localización predio Cota



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Descripción general.

3.48 La alternativa se encuentra localizada al occidente del Río Bogotá (a la altura de la calle 145), en predios del municipio de Cota. El área del polígono es de 28has aproximada y actualmente presenta un uso de Zona Agropecuaria de acuerdo al PBOT. Se podría disponer del área requerida, tanto en proporciones como en tamaño. Si se contempla como una conexión técnica, no tiene problemas con la geometría del trazado y se puede realizar una reserva para futuras

ampliaciones del sistema. La afectación es a predios rurales, por ende, su valor es más bajo comparado con predios urbanos o de expansión Figura 3.23.

- Componente socio-predial.
 - Área total polígono: 28 Ha aproximada.
 - Tratamientos POT: Zona Agropecuaria – Ronda Río
 - Modalidad: Industrial-Urbanística-Equipamientos-Reactivación
 - La zona Rural presenta un valor más bajo respecto a predios urbanos - expansión.
 - Se encuentra en la zona de la ZMPA Río Bogotá y ronda Río Chicú (implicaría obras de mitigación riesgo de inundaciones).
 - Tendría posibles restricciones constructivas o de uso, según POT Cota.
- Componente normativo-ambiental.
 - PBOT Cota: Zona uso rural, viable concertación con municipio.
 - Decretos 2820 del 5/08/2010 y 1076 del 26/05/2015
 - : Requiere Licencia ambiental (incluye permiso de ocupación de cauce para cruzar Río Bogotá)
 - Normativa ambiental rondas de protección: Río Chicú por costado sur - (faja paralela a ambos costados mín. de 30 metros)
- **Costo.** Aprox. COP \$1.5Bn (Alt. Mixta)- COP \$2.1Bn (Alt. Subt.), incluye entre otros:
 - Valor estaciones: 2 estaciones adicionales.
 - Patio taller: valor construcción patio taller.
 - Relleno: se requiere subir el nivel del terreno.
 - Puente: se requiere para pasar al otro lado del río Bogotá.
- Distancia a nodo común. 1,83 km
- Tiempo de viabilización (estimado).
 - Gestión predial: Tardaría 8 meses en llevarse a cabo.
 - Gestión ambiental: Permiso cruce Río Bogotá 3 a 16 meses.
 - Gestión normativa y de uso del suelo: pendiente verificación con municipio

Resultados ALO-Gaitana.

Figura 3.24 Localización predios ALO - Gaitana



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Descripción general.

3.49 Alternativa localizada entre las calles 139 y 135B, y entre la carrera 118 y la transversal 127, en un sector residencial y de uso mixto, edificaciones de baja altura. No se afectan vías principales, equipamientos o BICs, y se facilitaría la conexión con el trazado que discurre por la ALO. No se cruza con ningún Elemento de la Estructura Ecológica principal de la ciudad Figura 3.24.

- Componente socio-predial.

Es un sector densamente poblado, con predios de uso múltiple y en donde los predios están clasificados en los estratos 2 y 3 de acuerdo a lo que establece la Secretarías Distritales de Planeación y Hacienda.

- Área total polígono: 10,28 Ha. Aproximadamente. Ampliable según necesidades finales Patio.
- Tratamientos POT: Consolidación
- Modalidad: Urbanística-Equipamientos
- No se encuentra en zona de afectación o reserva vial
- Revisar uso suelo normativo y cambios que deberían realizarse.
- Es necesario 870 predios todos con construcción (Tardaría aprox. 36 meses)
- Componente normativo-ambiental.
 - Uso mixto, con predominancia de vivienda, comercio y servicios. Sería necesario ajuste del uso suelo en POT para viabilizar alternativa.
 - POT Bogotá: No se encuentra en estructura ecológica principal.

- Resolución 0627 del 2006: Sector C-Ruido intermedio restringido. (máx. permisible ruido diurno de 70 dB - Compatible con actividades que se desarrollaran en el patio-taller)
- **Costo.** Aprox. COP \$0,7Bn (Alt Mixta y Subte.) incluye entre otros:
 - Patio taller: valor construcción patio taller.
 - Predios: valor adquisición predial
 - Demolición predios: construcciones que se deben demoler.
- Distancia a nodo común. 0,00 km
- Tiempo de viabilización (estimado).
 - Gestión predial: Tardaría aprox. 36 meses en llevarse a cabo.
 - Gestión normativa y de uso del suelo: pendiente informe SDP

Fontanar del Río.

Figura 3.25 Localización Fontanar del Río



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Descripción general

La alternativa está localizada entre el borde oriental del Río Bogotá, y el borde urbano consolidado de la ciudad, entre la prolongación de la calle 144 y la diagonal 146. La localización no requiere afectar edificaciones existentes. Al estar localizado en el borde de la zona urbanizada, facilitaría la localización de una o dos estaciones adicionales después de la estación Portal Suba. Al localizarse en un borde urbano, la inserción del Patio-Taller no estaría generando una fractura en la trama urbana existente. No tiene problemas de conexión técnica con la geometría del trazado. Permite el desarrollo del layout del Taller óptimo y se puede realizar una reserva para futuras ampliaciones del sistema Figura 3.25.

- Componente socio-predial.
 - Área total polígono: 30 Ha (aproximada)
 - Tratamientos POT: Expansión Urbana
 - Se requiere la adquisición de pocos predios (21) – Valor aprox. Tardaría aproximadamente 12 meses (Los predios no presentan invasiones)
 - Se requiere revisar el uso suelo normativo y cambios que deberían realizarse.
 - Cuenta con 11.326 m2 aproximadamente en zona de reserva vial (Avenida Transversal de Suba)
 - Se debe tener en cuenta ZMPA Río Bogotá, lo que implicaría obras de mitigación de riesgo por inundaciones, al igual que el proyecto de Parque Lineal del Río Bogotá
- Componente normativo-ambiental.
 - Se deberá respetar el área de ZMPA (30m) del Río Bogotá.
 - Se requieren estudios en detalle por ser una zona clasificada como de riesgo alto de inundación.
 - POT: Suelo de expansión
- **Costo.** Aproximado COP \$1.14B (Alt Mixta)- COP \$1.46B (Alt Subt.), incluye entre otros:
- Distancia a nodo común. 1,49 km
- Tiempo de viabilización (estimado).
 - Gestión predial: Tardaría aprox. 12 meses en llevarse a cabo.
 - Gestión normativa y de uso del suelo: pendiente informe SDP*

Identificación de opciones de terminación de la alternativa de mejor desempeño ALO vs Av. Ciudad de Cali con Patio Taller.

3.50 Para las opciones de terminación de la alternativa de mejor desempeño se plantea que las mismas sean asociadas a las posibles localizaciones de patio y taller, de acuerdo con los polígonos identificados previamente, motivo por el cual se propone desarrollar un análisis multicriterio con los mismos componentes analizados en la Fase 2 del contrato y entregados por la EMB, para la alternativa seleccionada con una variación en el trazado del último tramo del corredor, esto es, que el proyecto una vez cruce el humedal Juan Amarillo continúe por la Av. Ciudad de Cali hasta el Portal de la Av. Suba y busque el sector occidental de la localidad o que se tome la reserva vial de la Avenida Longitudinal de Occidente – ALO hasta la Av. Transversal de Suba y discurra al occidente.

3.51 Por consiguiente y bajo esas premisas, las alternativas analizadas en esta fase son las siguientes, ver Tabla 3.5.

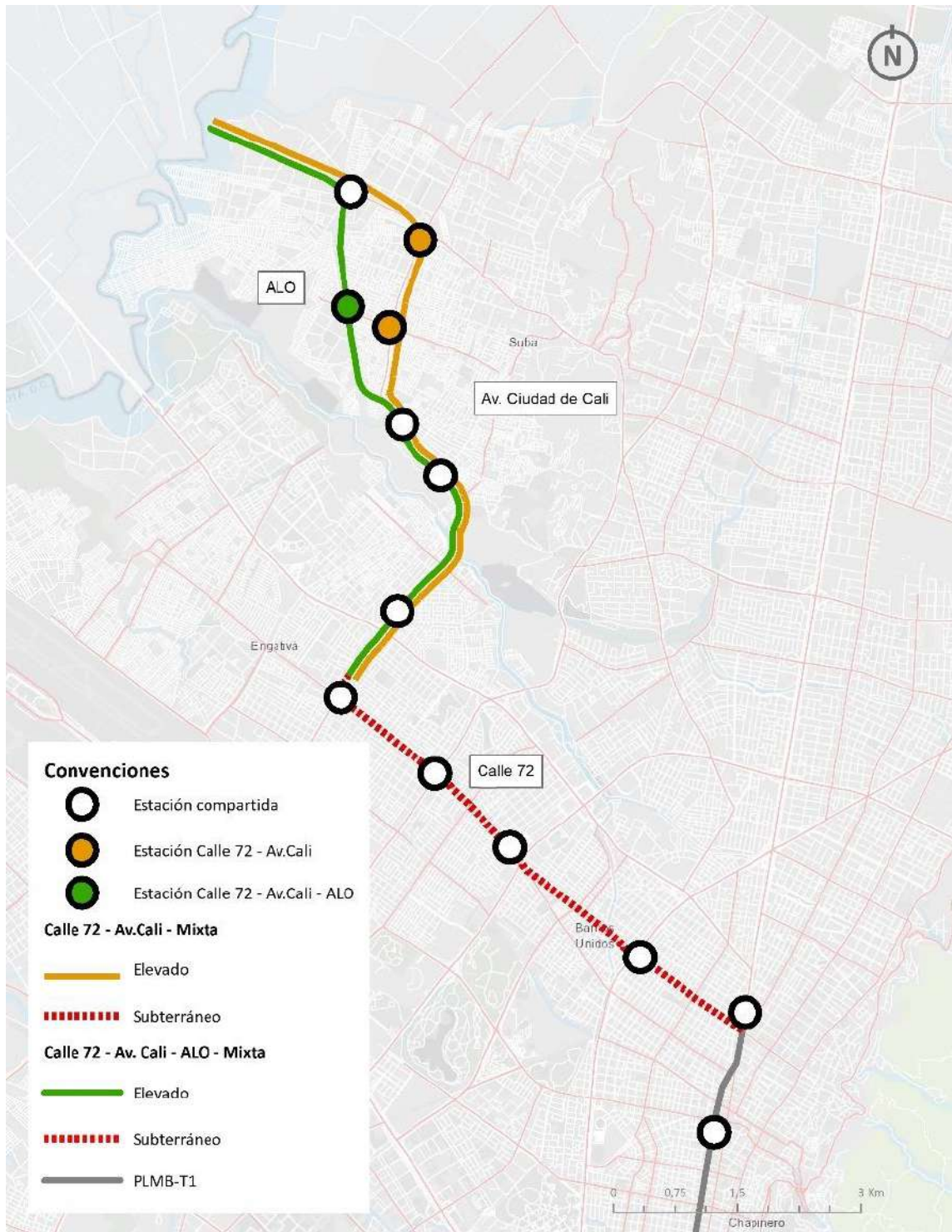
Tabla 3.5 Alternativas de nodo de terminación analizadas para la selección del Proyecto de Expansión Priorizado

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 |
|------|-------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali – Av. ALO | Subterránea | Línea nueva |
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali – Av. ALO | Mixta | Línea nueva |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

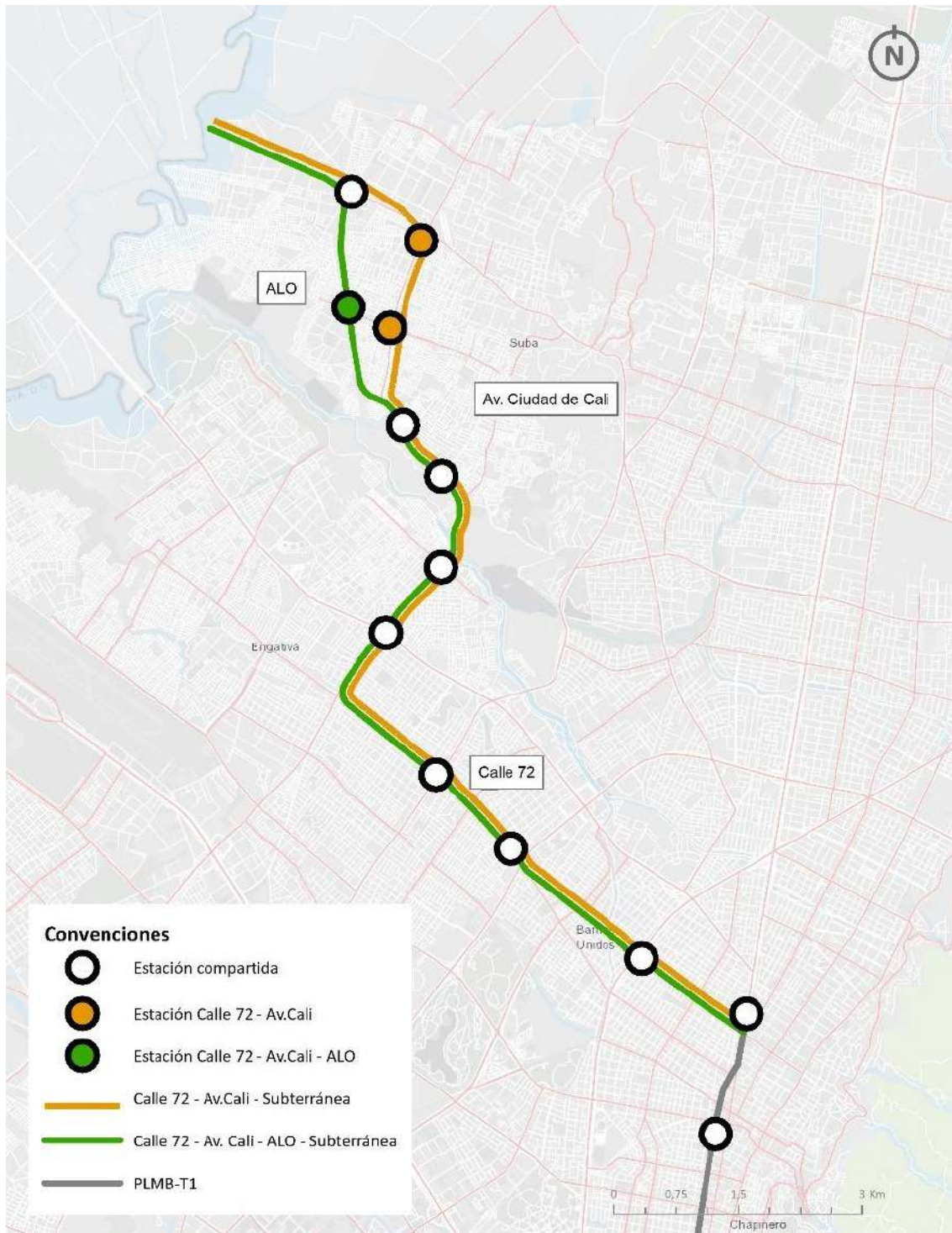
- 3.52 Lo anterior, obedece a una solicitud del Distrito aprovechando las oportunidades que ofrece la reserva vial de la Avenida Longitudinal de Occidente - ALO en el tramo norte, que a primera vista minimizaría los costos de adquisición predial y aumentaría la posibilidad de generación de desarrollo urbano de dicho corredor.
- 3.53 Para avanzar con este análisis, el primer ejercicio que se realiza es identificar las diferencias de los dos trazados principales desde el punto de vista de demanda, probando cuál de los dos trazados maximiza beneficios sociales, ahorros en tiempos de viaje y usuarios en el sistema del sistema de transporte de la ciudad.
- 3.54 El modelo de 4 etapas es un modelo estratégico y no incorpora un diseño operacional detallado de las alternativas. No obstante, para el ejercicio de modelación de las alternativas descritas en la Tabla 3.5, se revisó la propuesta de rutas alimentadoras de los escenarios de oferta de los cortes temporales analizados, teniendo en cuenta que el trazado de la Calle 72 – Av. Cali – ALO se determinó que la terminación de la línea se daba en la Avenida Transversal de Suba por Avenida Longitudinal de Occidente.
- 3.55 En la Figura 3.26, se ilustra las alternativas evaluadas en el modelo de transporte:

Figura 3.26 Trazado y localización de estaciones alternativas tipología mixta



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Figura 3.27 Trazado y localización de estaciones alternativas tipología subterránea



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 3.56 Para este ejercicio se calcularon los indicadores del componente beneficios sociales de la evaluación multicriterio explicado ampliamente en el entregable 2 de la presente Consultoría, manteniendo la metodología de cálculo de los indicadores y para las perspectivas allí indicadas.
- 3.57 Resulta importante recordar que para el componente de Beneficios Sociales existen dos evaluaciones multicriterio que se promedian para cada alternativa, y responden a las perspectivas definidas para evaluar los beneficios sociales por mejoras en transporte:

- I. Oferta Conservadora
- II. Oferta Optimista

- 3.58 La siguiente tabla resume las características de cada evaluación, según lo mencionado en entregables anteriores.

Tabla 3.6 Perspectivas de evaluación para el análisis de alternativas

| Prospectiva | Visión | Corte temporal 2030 | Corte temporal 2050 | Integración con corredores férreos regionales |
|--------------|--------|---------------------|---------------------|---|
| Conservadora | 2014 | Oferta 1 | Oferta 2 | Integrado |
| Optimista | 2014 | Oferta 2 | Oferta 3 | Integrado |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 3.59 A continuación, se muestran los resultados de los indicadores del componente de beneficios sociales, para las ofertas conservadora y optimista y para las cuatro alternativas analizadas:

Tabla 3.7 Resultados indicadores beneficios sociales en transporte – Oferta conservadora

| Criterio | Indicador | Unidades | Calle 72 - Av Cali Subt. | Calle 72 - Av Cali-ALO Subt. | Calle 72 - Av Cali Mixta | Calle 72 - Av. Cali – ALO Mixta |
|-----------------------|------------------------------|---|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Mejoras de transporte | Pasajeros transportados (HP) | Pasajeros HPAM promedio día hábil para los 20 años ³ | 48,419 | 50,432 | 46,145 | 47,580 |
| Mejoras de transporte | Ahorros en tiempo | Minutos/HPAM en los 20 años ⁴ | 719,149 | 815,374 | 658,926 | 744,495 |

³Se calculan los pasajeros transportados en la HPAM por el sistema metro durante los 20 años de análisis para las ofertas y cortes temporales definidos. Posteriormente se divide en los 20 años para calcular el número de pasajeros totales promedio de la HPAM de la alternativa. Ver Tabla 3.23. Entregable 2.

⁴ El indicador ahorros de tiempo mide el promedio de los ahorros de tiempo totales de la HP AM durante los 20 años de análisis (2030-2050). Sin incluir penalidades. Ver Tabla 3.24 Entregable 2.

| Criterio | Indicador | Unidades | Calle 72 - Av Cali Subt. | Calle 72 - Av Cali-ALO Subt. | Calle 72 - Av Cali Mixta | Calle 72 - Av. Cali – ALO Mixta |
|-------------|-----------------------|---|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Integración | Facilidad de conexión | Viajes/HPAM en los 20 años ⁵ | 63,060 | 64,497 | 59,795 | 61,068 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Tabla 3.8 Resultados indicadores beneficios sociales en transporte – Oferta optimista

| Criterio | Indicador | Unidades | Calle 72 - Av Cali Subt. | Calle 72 - Av Cali-ALO Subt. | Calle 72 - Av Cali Mixta | Calle 72 - Av. Cali – ALO Mixta |
|-----------------------|------------------------------|--|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Mejoras de transporte | Pasajeros transportados (HP) | Pasajeros HPAM promedio día hábil para los 20 años | 42,927 | 45,714 | 39,911 | 45,714 |
| Mejoras de transporte | Ahorros en tiempo | Minutos/HPAM en los 20 años | 567,250 | 674,384 | 492,618 | 588,951 |
| Integración | Facilidad de conexión | Viajes/HPAM en los 20 años | 57,759 | 56,262 | 54,705 | 59,619 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 3.60 Como se observa en los indicadores de beneficios sociales por transporte, las alternativas de la Calle 72 – AV. Cali – ALO muestran mayores pasajeros transportados en Metro, los ahorros de tiempo son mayores en cerca de un 20% y los viajes de conexión también muestran un leve incremento. Las diferencias para las alternativas del mismo trazado y diferente tipología de línea, se explica por la localización de las estaciones. Teniendo en cuenta que la alternativa mixta, requiere una longitud de transición entre el tramo subterráneo de la Calle 72 y el tramo elevado sobre la Av. Ciudad de Cali.
- 3.61 Ahora bien, al revisar los perfiles de carga de las alternativas, lo que tiene que ver con cargas máximas por sentido en la PLM-T1 las diferencias son marginales, manteniéndose en cerca de 70,000 pasajeros/hora sentido sur – norte y 11,000 pasajeros/hora-sentido norte sur. Para la alternativa de extensión a Suba, las alternativas subterráneas alcanzan valores de 34,000 pasajeros/hora – sentido norte – sur y 9,000 pasajeros/ hora-sentido sur – norte. ver Tabla 3.9.

⁵ Se estima la cantidad de viajes en transporte masivo sin incluir los viajes del Metro que conectan desde modos diferentes a los de transporte masivo (TransMilenio y Corredores Férreos). Corresponde a la diferencia entre el total de viajes que se realizan en transporte masivo y los que se realizan en otros medios de transporte público, durante los 20 años de análisis para las ofertas y cortes temporales definidos. Posteriormente se divide en los 20 años para calcular el número total de viajes promedio en la hora pico de la mañana de transporte masivo. Ver Tabla 3.25 Entregable 2.

Tabla 3.9 Resultados carga máxima y trasbordos alternativos en evaluación

| Alternativa | Línea 1 SN Pax/HPAM | Línea 1 NS Pax/HPAM | Línea 2-SN Pax/HPAM | Línea 2-NS Pax/HPAM | Trasbordos con Regiotram Occidente Pax HPAM | Movimientos estación integrada Regiotram Norte PAX HPAM |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---|---|
| Calle 72 – Av. Cali (Subt.) | 70.226 | 11.086 | 9.032 | 34.013 | 39.030 | 25.207 |
| Calle 72 – Av. Cali- ALO (Subt.) | 70.038 | 10.870 | 9.235 | 34.151 | 39.734 | 25.722 |
| Calle 72 – Av. Cali (Mixta) | 70.246 | 11.171 | 9.109 | 31.699 | 38.494 | 24.287 |
| Calle 72 – Av. Cali – ALO (Mixta) | 70.269 | 10.915 | 9.523 | 31.903 | 39.214 | 24.818 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 3.62 Los trasbordos con los proyectos regionales no presentan grandes diferencias, manteniéndose sensiblemente en el mismo orden de magnitud.
- 3.63 Comparando los perfiles de carga de la línea completa (Patio Sur – Suba) para las alternativas con tipología de línea subterránea, el corredor de la Calle 72 – Av. Cali – ALO presenta mejores indicadores en el primer tramo del trazado, con una carga máxima de 10,000 pasajeros/hora-sentido norte sur, mientras que para la alternativa Calle 72 – Av. Cali la carga máxima es de 4,000 pasajeros/hora-sentido entre la Avenida Suba y la Av. Tabor. Esto debido el trazado de los tramos norte por la ALO atendería directamente los viajes de los barrios Bilbao, Villamaría, La Gaitana, Aures, entre otros, con una alta densidad poblacional. Estos sectores en la alternativa de la Calle 72- Av. Cali, tendrían que acceder al sistema a través de alimentación o usar otro medio de transporte público para acceder al metro, situación que hace menos atractivo para el usuario.
- 3.64 En las siguientes figuras se muestran los perfiles de carga de cada una de las alternativas, en donde se observa el comportamiento del número de pasajeros por sentido para todas las dos líneas:

Figura 3.28 Perfil de carga tipología de línea Subterránea



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

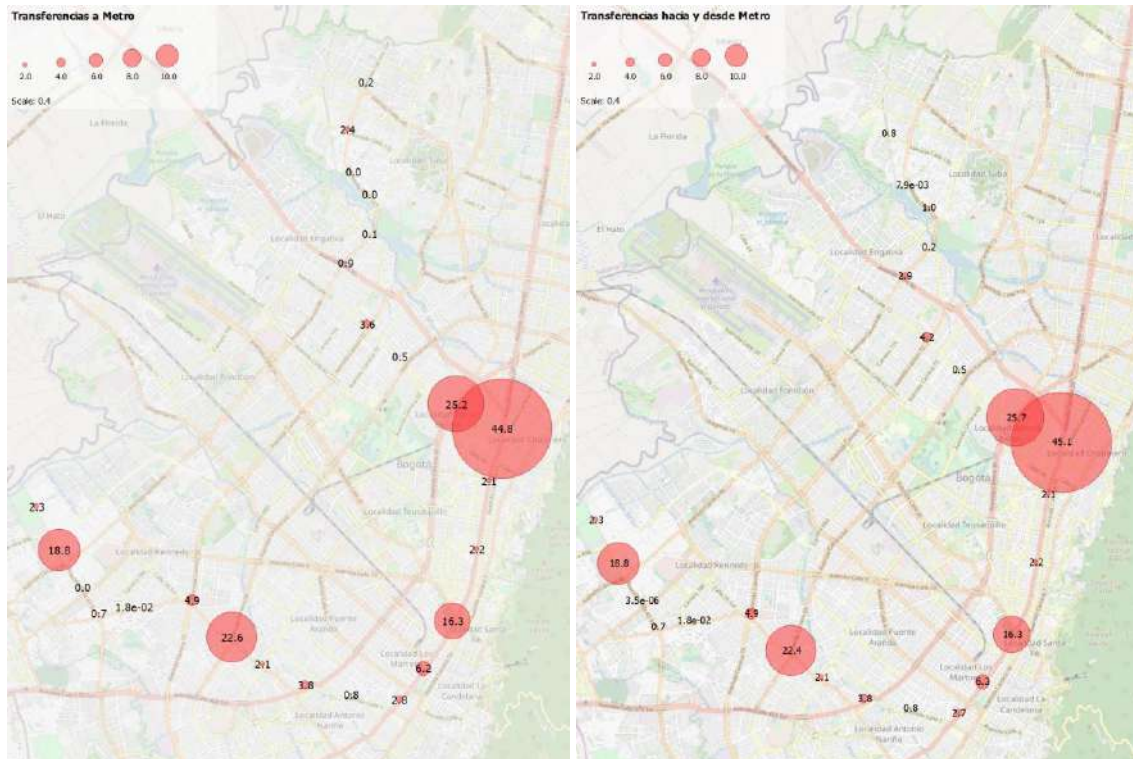
Figura 3.29 Perfil de carga tipología de línea mixta



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

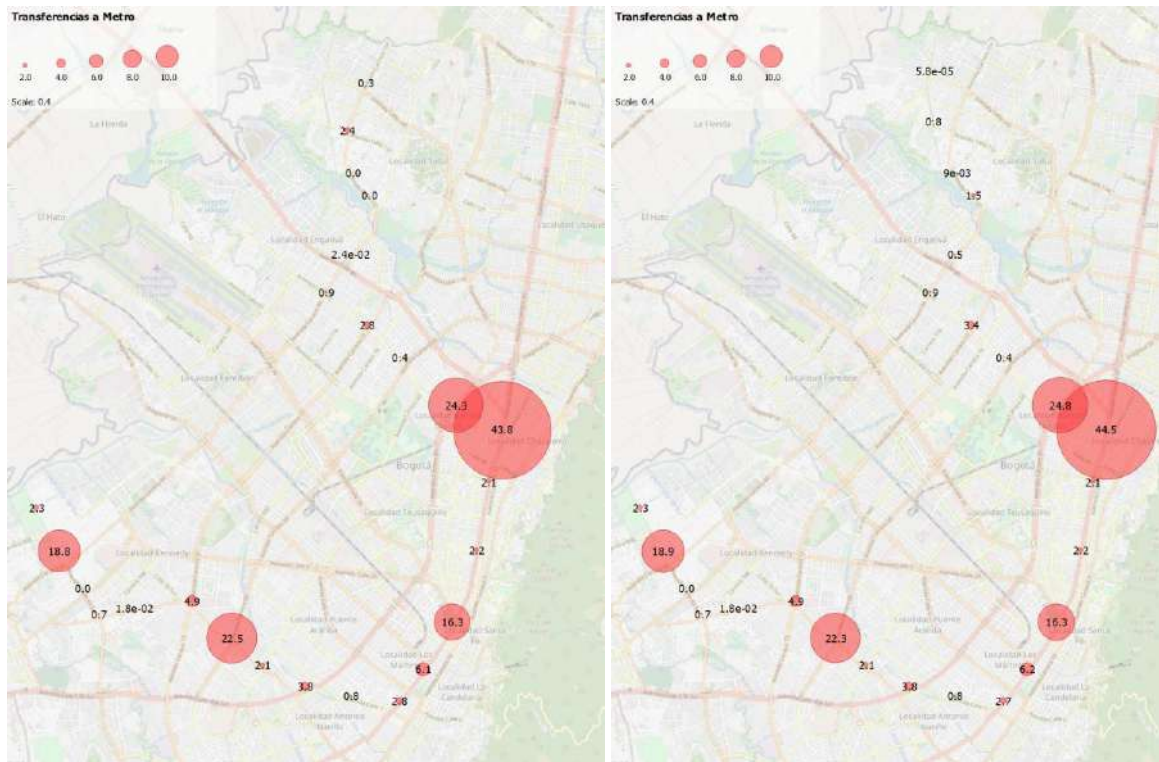
- 3.65 Al comparar los perfiles de carga de los trazados de tipología de línea mixta, la carga máxima de la línea 2 es ligeramente menos, al compararla con los trazados de la tipología subterránea. Esto dado las velocidades de operación y parámetros operacionales que presenta mejores resultados para la tipología subterránea. En el trazado de la Calle 72 – Av. Cali – ALO, desde el tramo inicial atrae mayor demanda, con una carga máxima aproximada de 32.pax/h-sentido norte sur en el tramo de la Calle 72.
- 3.66 Ahora bien, realizando la comparación de los puntos de transbordo para las alternativas evaluadas, para el corredor Calle 72 – Av. Cali – ALO, son mínimos al compararlos con Calle 72- Av. Cali. El impacto en la PLMB-T1 es mínimo, las diferencias son marginales, y se consideran dentro del margen de error del modelo de transporte.
- 3.67 Teniendo en cuenta que el modelo de 4 etapas no incorpora un diseño de rutas detallado, no son evidentes grandes cambios en los trasbordos de la línea.
- 3.68 En las siguientes figuras se ilustran los puntos de transbordo más importantes para las alternativas analizadas:

Figura 3.30 Trasbordos alternativas tipología de línea subterránea



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Figura 3.31 Trasbordos alternativas tipología de línea mixta



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 3.69 En lo que tiene que ver con los trasbordos, se destaca que independientemente del trazado de la línea 2, los órdenes de magnitud en las estaciones de mayor transferencia de la Línea 1 se mantienen. Por ejemplo, en la estación de la Calle 72 con Avenida Caracas, en el modelo de transporte, se estiman el movimiento de 40.000 pasajeros en la hora de máxima demanda del periodo de la mañana, punto de mayor transferencia entre el Sistema TransMilenio y los intercambios entre línea 1 y Línea 2. La estación de la NQS con Calle 72, es la conexión con los usuarios del Corredor Férreo del Norte y los usuarios que decidan transferir desde las Troncales Calle 80, Av. Suba y NQS.
- 3.70 La estación de la Av. Carrera 68 con Av. Primero de Mayo, muestra las transferencias de los usuarios que vienen del sur de la ciudad y el municipio de Soacha, cuya estrategia de viaje minimice el costo con el proyecto metro pesado.
- 3.71 Dado que el cambio entre las alternativas es la tipología de línea y el tramo norte hasta la llegada al posible patio taller, el modelo de transporte no es sensible a dichos cambios y no es posible mostrar grandes diferencias a partir de la información del modelo estratégico de transporte.
- 3.72 Teniendo en cuenta que los indicadores resultado del modelo de transporte muestran que las Alternativas para el trazado Calle 72 – Av. Cali – ALO presentan mejores indicadores del componente de beneficios sociales por mejoras en transporte, se adelanta la evaluación multicriterio para las 4 alternativas incluidas en el análisis de nodo de terminación.

4 Matriz multicriterio

Evaluación multicriterio de las alternativas incluidas para el análisis de nodo de terminación

- 4.1 Para la evaluación del nodo de terminación en las diferentes alternativas descritas en el numeral anterior, se enfocó su análisis teniendo en cuenta la identificación del polígono denominado Fontanar de Río mediante la implementación de la misma metodología de la matriz entregada por la EMB, para el desarrollo del Entregable No. 2, por lo cual a continuación, se presentan los resultados, de cada uno de los componentes y criterios aplicados en la evaluación multicriterio.
- 4.2 Es preciso señalar que producto de varias mesas de trabajo adelantadas con el Panel Técnico, se determinó realizar un ajuste a los indicadores del componente urbano paisajístico, con el objetivo de poder capitalizar las potencialidades de ambas tipologías a la luz de su implantación en los corredores de análisis.

Potencial de generación de espacio público.

- 4.3 En el caso del indicador de Potencial de generación de espacio público, y de acuerdo a la metodología aplicada, se contabiliza el espacio público generado en el ámbito de influencia (primera manzana adyacente) del trazado (afectaciones prediales necesarias) y de las estaciones a partir de la inserción del sistema: espacios públicos generados en los puntos de localización de edificaciones laterales de acceso a las estaciones elevadas, y espacios públicos generados en los puntos de acceso vertical a las estaciones subterráneas, únicamente en aquellos casos en lo que no es posible localizar dichos accesos en el espacio público existente. De acuerdo con lo anterior, los insumos para la medición son: el trazado y localización de estaciones; la tipología de inserción; y finalmente el número total de estaciones, ya que es en el entorno de las mismas en donde se generan principalmente las áreas nuevas de espacio público. Los factores que penalizan en este indicador son, por tanto: las alternativas con tipología subterránea (ya que en esta tipología las estaciones no requieren mayor afectación en superficie), y las alternativas con menor número de estaciones. Los factores que benefician en este indicador son: las alternativas con tipología elevada (ya que en este caso las estaciones requieren mayor afectación para accesos en superficie), y las alternativas con mayor número de estaciones.

Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios.

- 4.4 En el caso del indicador de Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios, y de acuerdo con la metodología aplicada, se contabiliza el área con potencial de desarrollo inmobiliario en el ámbito de influencia (primera manzana adyacente) del trazado (afectaciones prediales necesarias) y las estaciones generada a partir de la inserción del sistema: para las estaciones elevadas, se localizan a cada lado del corredor los edificios laterales de acceso. Las manzanas de inserción de dichos

edificios, se cuenta completa como área de potencial de desarrollo inmobiliario. Las estaciones subterráneas, por tanto, no generan m² para este indicador. De acuerdo a lo anterior, los insumos para la medición son: el trazado y localización de estaciones; la tipología de inserción; y finalmente el número total de estaciones, ya que es en el entorno de las mismas en donde se generan principalmente las áreas con potencial de desarrollo inmobiliario. Los factores que penalizan en este indicador son: las alternativas con tipología subterránea (ya que en esta tipología las estaciones no requieren mayor afectación en superficie y por tanto tampoco general potencial de desarrollo), y las alternativas con menor número de estaciones. Los factores que benefician en este indicador son: las alternativas con tipología elevada (ya que en este caso las estaciones requieren mayor afectación para accesos en superficie, y por tanto se generan áreas con potencial de desarrollo), y las alternativas con mayor número de estaciones.

- 4.5 A partir del análisis, se hizo evidente que, con la metodología de medición de estos dos indicadores, al centrarse únicamente en el potencial generado a partir de las afectaciones indispensables mínimas para la inserción del sistema, se estaba desconociendo el potencial real que pueden tener las alternativas subterráneas en la transformación de la ciudad y de su entorno.
- 4.6 Así mismo, se identificó que con el objetivo de maximizar el análisis de las 4 alternativas finales propuestas objeto del presente informe, los indicadores de Potencial de renovación urbana y Afectación de barrios con interés arquitectónico y/o urbanístico, no aportan ninguna información adicional o diferencial entre las alternativas.
- 4.7 De esta manera, se propuso una modificación de los indicadores del Componente Urbano Paisajístico, tal y como se explica en la Tabla 4.10:

Tabla 4.10 Criterios e indicadores iniciales

| CRITERIO | INDICADORES | PESO |
|--|--|------|
| RENOVACIÓN URBANA (60%) | Potencial de generación de espacio público | 21% |
| | Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios | 21% |
| | Potencial de renovación urbana | 18% |
| INTEGRACIÓN / DESINTEGRACIÓN URBANA (40%) | Afectación de barrios con interés arquitectónico y/o urbanístico | 13% |
| | Proximidad con edificaciones | 13% |
| | Impacto visual | 14% |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 4.8 Manteniendo el peso de los criterios del componente (Renovación Urbana 60% - Integración / Desintegración Urbana 40%), se redistribuyeron los porcentajes al interior de cada criterio así: Para el criterio de Renovación Urbana, se elimina el indicador de Potencial de renovación urbana, y el porcentaje se divide entre los criterios que se mantienen. Para el criterio de Integración / Desintegración urbana, se elimina el indicador de Afectación de barrios con interés arquitectónico y/o urbanístico, y el porcentaje se divide entre los criterios que se mantienen, tal y como se muestra en la Tabla 4.11:

Tabla 4.11 Criterios e indicadores propuestos

| CRITERIO | INDICADORES | PESO |
|--|--|------|
| RENOVACIÓN URBANA (60%) | Potencial de generación de espacio público | 30% |
| | Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios | 30% |
| INTEGRACIÓN / DESINTEGRACIÓN URBANA (40%) | Proximidad con edificaciones | 20% |
| | Impacto visual | 20% |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.9 Con el objetivo de subsanar las imprecisiones detectadas en la metodología de medición de los indicadores de Potencial de generación de espacio público y Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios, se propone:

4.10 **Potencial de generación de espacio público:** Se propone que el supuesto de diseño para la generación de espacio público en los puntos de inserción de las estaciones, tanto elevadas como subterráneas, se calcule de acuerdo a:

- A. Los requerimientos espaciales del sistema (áreas obligatorias o mínimas necesarias) y
- B. Las oportunidades espaciales del punto de inserción de acuerdo a:
 - grado de consolidación del entorno (predios privados construidos) y
 - oportunidades de renovación del espacio público existente en el entorno de la estación

4.11 **Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios:** Se propone que el supuesto de diseño para la identificación de áreas con potencial de desarrollo inmobiliario, renovación urbana y DOTS en los puntos de inserción de las estaciones, tanto elevadas como subterráneas, se calcule de acuerdo a:

- A. Grado de consolidación de las manzanas de inserción del sistema (predios privados construidos) y
- B. Oportunidades de desarrollo de proyectos inmobiliarios y/o de equipamientos públicos, de acuerdo con:
 - Oportunidades espaciales particulares del entorno y suelo disponible
 - Necesidades y déficits particulares del sector (vivienda, equipamientos, servicios)

4.12 A continuación, se presenta el análisis de las cuatro (4) alternativas por componente:

Fichas de criterios e indicadores de evaluación

4.13 Como se aclaró en el aparte anterior del presente informe, para este análisis de matriz multicriterio, se empleó la misma metodología detallada y desarrollada para las 14 alternativas contenidas en el Entregable 2, con excepción del Componente Urbano- Paisajístico en donde se encuentran establecidos componentes, criterios e indicadores con sus respectivos pesos.

4.14 Para claridad y trazabilidad de análisis, se presentan las fichas y resultados correspondientes a las cuatro (4) alternativas correspondientes a la Calle 72, Av. Cali y Calle 72 ALO, con sus tipologías subterráneas y mixtas respectivamente, para sus componentes:

Componente afectación ambiental

Elementos de la Estructura Ecológica Principal

- Área de traslape con los elementos de la EEP

4.15 A continuación, se presenta la ficha resumen para el cálculo del correspondiente indicador Tabla 4.12

Tabla 4.12 Indicador Área de traslape con los elementos de la EEP

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Objetivo | Identificar las áreas de traslape de las alternativas con los elementos de la Estructura Ecológica Principal -EEP |
| Variables del indicador (entradas) | Área de traslape 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 rio Bogotá. Capa Franja de adecuación. 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 interceptan en cada una de las alternativas de trazado, para lo cual se emplean 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 | Bogotá D.C. |
| Calificación | Se realiza una ponderación de la siguiente forma, según lo acordado en la reunión del 02 de septiembre del 2020 (Acta No. 32 del Contrato) con participación de la FDN, EMB, UT Egis Steer y la SDA. AFECTACION ALTA (80%): Cuando las alternativas se traslapen con los elementos de la EEP: 1. Áreas protegidas a Nivel Nacional, 2. Áreas protegidas a nivel regional, 3. Áreas protegidas del orden Distrital, a. Santuario Distrital de Fauna y Flora, |

| Ítem | Descripción |
|------|--|
| | b. Área Forestal Distrital. c. Parque Ecológico Distrital (Reserva Forestal Distrital y Humedales) 4. Corredores ecológicos 5. Área de Manejo Especial del Río Bogotá. AFECTACION MEDIA (20 %): Cuando las alternativas se traslapen con los elementos de la EEP como parques urbanos de escala metropolitana y zonal. La alternativa que tenga menor área de interceptación con EEP es la que resulta con mejor puntuación. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua

- Cruce con cuerpos de agua que puedan tener afectación en su dinámica hídrica e hidráulica

4.16 A continuación, se presenta la ficha resumen para el cálculo del correspondiente indicador Tabla 4.13:

Tabla 4.13 Indicador Cruce con cuerpos de agua que puedan tener afectación en su dinámica hídrica e hidráulica

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Identificar el cruce de 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 interceptan 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 | Bogotá D.C. |
| Calificación | Se realiza una ponderación de la siguiente forma, según lo acordado en la reunión del 02 de septiembre del 2020 (Acta No. 32 del Contrato) con participación de la FDN, EMB, UT Egis Steer y la SDA. AFECTACION ALTA (80%): Cuando las alternativas se traslapen con los siguientes cuerpos de agua: 1. Lagos 2. Lagunas 3. Humedales 4. Ríos 5. Quebradas AFECTACION MEDIA (20%): Cuando las alternativas se traslapen con los cuerpos de agua como: Canales. |

| Ítem | Descripción |
|------|--|
| | 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, 2021

Geomorfología del terreno

- Zonas verdes endurecidas (áreas verdes endurecidas)

4.17 A continuación se presenta la ficha resumen para el cálculo del correspondiente indicador Tabla 4.14:

Tabla 4.14 Indicador Zonas verdes endurecidas (áreas verdes endurecidas)

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Objetivo | Identificar las áreas de traslape de las alternativas con las zonas verdes |
| Variables del indicador (entradas) | Cartografía de Bogotá “Zonas verdes” obtenida en datos abiertos Bogotá – IDECA |
| Metodología de cálculo | Se calcula como el área de zonas verdes que se intercepta con el corredor (100 metros) en cada una de las alternativas. La información de zonas verdes en los corredores seleccionados será obtenida en datos abiertos Bogotá – IDECA. |
| Unidad de medición | Área de traslape en hectáreas (Ha) |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Mapas y aéreas interceptadas con zonas verdes |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que tenga menor área de interceptación con zonas verdes es la que resulta con mejor puntuación. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Biodiversidad y conectividad ecológica estructural y funcional

- Traslape con zonas de importancia en biodiversidad

4.18 A continuación se presenta la ficha resumen para el cálculo del correspondiente indicador Tabla 4.15:

Tabla 4.15 Indicador Traslape con zonas de importancia en biodiversidad

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Identificar las áreas de traslape de las alternativas con ecosistemas, corredores ecológicos de biodiversidad, hábitats y arbolado urbano del Distrito Capital |
| Variables del indicador (entradas) | Cartografía sobre biodiversidad: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Área de traslape de las alternativas con las capas de la página del Instituto Alexander von Humboldt. <ul style="list-style-type: none"> - AICA - Áreas prioritarias de conservación. - Ecosistemas generales - Humedales 2012. |

| Ítem | Descripción |
|------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Páramos 2006. - Páramos 2012. - Reserva biosfera. - Reserva ley segunda. - Registro Único Nacional de Áreas Protegidas – RUNAP. - Zonas de protección en desarrollo RN. - Bosques 2013. - Bosques 2015 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Área de traslape de capa “corredores de ronda” descargadas en el visor de la Secretaria Distrital de Ambiente –SDA. ▪ Área de traslape de las alternativas con la capa “arbolado urbano de Bogotá” descargada de la página del Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá D.C -SIGAU del Jardín Botánico de Bogotá. |
| Metodología de cálculo | Se calcula como el área sobre ecosistemas, corredores ecológicos de biodiversidad, hábitats y arbolado urbano del Distrito Capital – SDA, que se intercepta con el corredor (100 metros) en cada una de las alternativas. |
| Unidad de medición | Área de traslape en hectáreas (Ha) |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Mapas y aéreas interceptadas con zonas verdes |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | Se calcula como el área sobre ecosistemas, corredores ecológicos de biodiversidad, hábitats y arbolado urbano del Distrito Capital – SDA, que se intercepta con el corredor (100 metros) en cada una de las alternativas. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Ruido urbano

- Identificación de receptores sensibles

4.19 A continuación se presenta la ficha resumen para el cálculo del correspondiente indicador Tabla 4.16 :

Tabla 4.16 Indicador Identificación de receptores sensibles

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Identificar las áreas de traslape con la cartografía de ruido urbano de la SDA |
| Variables del indicador (entradas) | <p>Cartografía ruido urbano suministrada por la SDA:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ cartografía PUAR (Población urbana afectada por ruido), ▪ cartografía de conflicto de uso, este a su vez se clasificará en los sectores: <ul style="list-style-type: none"> • Sectores A. (Tranquilidad y Silencio), áreas urbanas donde estén situados hospitales, guarderías, bibliotecas, sanatorios y hogares geriátricos. • Sectores B. (Tranquilidad y Ruido Moderado), zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, parques en zonas urbanas, escuelas, universidades y colegios |

| Ítem | Descripción |
|------------------------|---|
| Metodología de cálculo | Se calcula como el porcentaje de afectación de las alternativas propuestas con la cartografía de ruido suministrada por la SDA |
| Unidad de medición | <ul style="list-style-type: none"> - Indicador PUAR: Habitantes, - Indicador conflicto de uso: Área (Ha) |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Mapas y áreas interceptadas con la cartografía de ruido |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | <p>Se realiza una ponderación de la siguiente forma, según lo acordado en la reunión del 09 de septiembre del 2020 (Acta No. 37 del Contrato) con participación de la FDN, EMB, UT Egis Steer y la SDA.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizar la cartografía PUAR (Población urbana afectada por ruido) la cual se le da un peso del 60%. Las alternativas que tengan una mayor población afectada por ruido tienen una menor calificación. ▪ Utilizar la cartografía de conflicto de uso la cual se le da un peso del 40%. Este a su vez se clasificar en los sectores: <ul style="list-style-type: none"> · Sectores A. (<i>Tranquilidad y Silencio</i>), áreas urbanas donde estén situados hospitales, guarderías, bibliotecas, sanatorios y hogares geriátricos. (27%) · Sectores B. (<i>Tranquilidad y Ruido Moderado</i>), zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, parques en zonas urbanas, escuelas, universidades y colegios. (13%). <p>Para definir un solo criterio de evaluación se asigna una calificación por rango de valores, de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indicador PUAR: Se da una calificación por rangos de población. |

| POBLACION | | |
|--------------|----------------|----------------|
| CALIFICACION | RANGO INFERIOR | RANGO SUPERIOR |
| 1 | 6962.60 | 7886.4 |
| 2 | 7886.4 | 8810.2 |
| 3 | 8810.2 | 9734 |
| 4 | 9734 | 10657.8 |
| 5 | 10657.8 | 11581.6 |

| SECTOR A | | |
|--------------|----------------|----------------|
| CALIFICACION | RANGO INFERIOR | RANGO SUPERIOR |
| 1 | 6.56 | 7.65 |
| 2 | 7.65 | 8.75 |
| 3 | 8.75 | 9.84 |
| 4 | 9.84 | 10.94 |
| 5 | 10.94 | 12.03 |

| SECTOR B | | |
|--------------|----------------|----------------|
| CALIFICACION | RANGO INFERIOR | RANGO SUPERIOR |
| 1 | 49.62 | 58.83 |

| Ítem | Descripción | | |
|------|-------------|--------------|-------|
| | 2 | 58.83 | 68.04 |
| | 3 | 68.04 | 77.26 |
| | 4 | 77.26 | 86.47 |
| | 5 | 86.47 | 95.68 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Componente Proceso Constructivo

- 4.20 En concordancia con el Entregable 2, para este componente se utilizó la misma metodología para evaluar los impactos del proyecto sobre los habitantes que viven en inmediaciones o zonas afectadas por el corredor del trazado, durante el periodo de las obras del proyecto.

Rendimiento

- 4.21 El criterio de rendimiento se enfoca en estimar la duración de la construcción de las diferentes alternativas sin optimizaciones de cronograma, con la finalidad de poder identificar la opción con mejores indicadores.

- Tiempo total de construcción

- 4.22 Considera la rapidez de construcción de la línea en función de su configuración (tipología subterránea o aérea) y el contexto urbano de cada alternativa. Ver Anexo C1. Tiempo Total de Construcción Tabla 4.17.

Tabla 4.17 Indicador Tiempo total de construcción

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Calcular, sin optimizaciones de cronograma, el tiempo de construcción de cada alternativa |
| VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS) | Utilización de las variables del estudio de Systra para los estudios de prefactibilidad de la PLMB de 2016, tales como: - Programación de tiempos, métodos y sucesión de etapas para minimizar el impacto sobre el tráfico vial y los edificios existentes, - Los tiempos tomados en cuenta para la planificación de las obras, se encuentran directamente relacionados con los puestos de obra y las obras en tiempo oculto, - Se toma en cuenta los rendimientos promedios de ejecución de las obras. Los rendimientos son los mismos para todas las alternativas, no se tienen en cuenta las particularidades de cada alternativa, por ejemplo, obras más complicadas por cuestiones ambientales y en zonas de gran densidad urbana. |
| Metodología de cálculo | Utilización de las variables del estudio de prefactibilidad de la PLMB - Systra de 2016, como requerido por FDN y EMB: - Túnel: El túnel se realiza con tuneladora. El ritmo de avance es de unos 300ml/mes en pleno rendimiento. Las condiciones geológicas no son tomadas en cuenta, pues no se disponen de estudios detallados sobre la geología precisa. Se tomó una sola tuneladora para los tramos de línea. En el plazo global se ha integrado el plazo del paso del túnel en las estaciones. - Viaducto: Se han tenido en cuenta las hipótesis siguientes: a. Las dovelas del tablero del viaducto son prefabricadas en el sitio de prefabricación. Las dovelas son aportadas por camiones desde el sitio de |

| Ítem | Descripción |
|--------------------|---|
| | <p>prefabricación y se colocan a la ayuda de una viga lanzadora. El avance retenido para la realización del tablero es de 4.5 días.</p> <p>b. Se considera la hipótesis que se disponen de 3 a 5 vigas lanzadoras (una viga cada 3 - 5 km). El ritmo de avance retenido para la realización del tablero es de un tablero cada 3 días.</p> <p>c. Los apoyos (fundaciones, pilas y capiteles) se realizan in-situ; el número de equipos se determina para limitar la duración de las obras en el conjunto de la traza aérea con el fin de minimizar los impactos sobre los ribereños. El ritmo de avance retenido es de 3 apoyos/mes teniendo en cuenta una media de 6 a 7 equipos cada 6 km.</p> <p>- Túnel a cielo abierto: el ritmo de avance retenido es de 30 m por mes. En función de la longitud de la zanja, se prevé de 2 a 5 frentes de obra.</p> <p>- Estación aérea: El plazo considerado para la realización de una estación es de 12 meses. Siguiendo el método retenido, las obras de cada estación empezarán después del paso de la viga lanzadora (después de la realización del viaducto en la estación). Se considera que 6 estaciones estarán en obras simultáneamente.</p> <p>- Estaciones subterráneas: plazo total retenido para la estación es de 18 meses. Se consideran que se realizan las obras simultáneamente.</p> <p>- Se considera que las alternativas de tipología mixta, es decir, que tiene tramos elevados y subterráneos se desarrollan al mismo tiempo en frentes de obras diferentes.</p> |
| Unidad de medición | Meses |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Tabla de Excel |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | El tramo u opción de trazado que presente la estructura con un potencial de construcción más rápido y el contexto urbano más favorable obtiene la mejor puntuación. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Daño emergente y lucro cesante

4.23 El indicador mide a la perturbación a vecinos comerciales descrito a continuación:

- Perturbaciones a vecinos comerciales

4.24 El indicador se estima en función de la cantidad de predios con destinación comercial que se encuentran en la zona de afectación directa de cada alternativa, a cada lado del eje del corredor y que posiblemente serán afectados directa o indirectamente durante la ejecución del proyecto, su procedimiento se muestra en la siguiente ficha Tabla 4.18

Tabla 4.18 Indicador Perturbación a vecinos comerciales

| Ítem | Descripción |
|----------|--|
| Objetivo | Minimizar los impactos de las obras durante la construcción de la expansión de la PLMB sobre los establecimientos de comercio. |

| | |
|------------------------------------|--|
| Variables del indicador (entradas) | Cantidad de predios con destinación económica |
| Metodología de cálculo | A partir de la información que brinda Catastro Distrital e IDECA sobre el uso del suelo del POT se realiza la identificación de las unidades comerciales en la primera manzana adyacente al trazado de las alternativas. Dicho valor se verá afectado de forma inversamente proporcional al rendimiento de la construcción de cada alternativa. |
| Unidad de medición | Unidades de predios comerciales afectados en el tiempo de construcción (UN/rendimiento construcción) |
| Naturaleza | Indicador cuantitativo |
| Visualización | Cuadro de Excel |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que registre el menor número de comercio afectado será la que mejor calificación registre dentro del análisis. (a menor índice mejor calificación) |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Perturbaciones

4.25 El criterio de perturbaciones al tráfico se enfoca en identificar la alternativa que durante la construcción del sistema metro ofrece los menores impactos al tráfico vial mixto y sobre el sistema BRT o troncales del TransMilenio de la ciudad.

- Perturbación en el tráfico vehicular

4.26 El indicador de perturbación en el tráfico vehicular refleja el impacto que tiene la construcción de las diferentes tipologías del sistema férreo en el tráfico automotor. Se clasifica la afectación en cuatro tipos de impactos (Viaducto o elevado, trinchera cubierta, túnel y a nivel en zona de poco tráfico). Ver Anexo C3.1. Perturbación al tráfico vehicular Tabla 4.19:

Tabla 4.19 Indicador Perturbación en el tráfico vehicular

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Minimizar los impactos de las obras durante la construcción de la expansión de PLMB sobre el tráfico vial |
| Variables del indicador (entradas) | - Alternativas segmentadas por tramos, - Longitud de cada tramo, - Método constructivo de cada tramo. -Método constructivo de las estaciones |
| Metodología de cálculo | A cada tramo se asigna un valor ente 2 y 5 de acuerdo a la siguiente descripción: Infraestructura tipo túnel entre pantallas – Nota: 2/5: Las trincheras cubiertas constituyen el tipo de proceso constructivo con mayor impacto sobre el tráfico vehicular durante las obras. Infraestructura tipo viaducto – Nota: 3/5: El viaducto presenta un impacto más elevado al tráfico automotor que la tipología túnel; tal es el caso de las obras de fundaciones o cimentaciones de los apoyos separados alrededor de 30 metros en la tipología elevada, sumado al transporte de los elementos prefabricados que |

| Ítem | Descripción |
|--------------------|--|
| | <p>demandan una logística mayor y generan una afectación al tráfico de las zonas aledañas a la construcción vehicular.</p> <p>Infraestructura tipo túnel – Nota: 4/5: Para la tipología túnel, el impacto es menor considerando que la infraestructura se construye debajo de las calzadas vehiculares y tan solo interfiere con el tráfico y las edificaciones en las zonas de particulares del túnel como acceso a estaciones y pozos de ataque.</p> <p>Infraestructura a nivel – Nota: 5/5: La infraestructura construida a nivel en zonas que no hacen parte de ejes viales, genera el menor impacto sobre el tráfico vehicular, puesto que esta tipología está planteada en zonas donde no intercepta calzadas vehiculares, tan solo impacta el tráfico en la logística requerida para el suministro de materiales a la zona donde se desarrollan las obras.</p> <p>Se totaliza el producto del puntaje por cada tramo con su longitud + el puntaje asignada por cada estación por la longitud estimada y se divide por la sumatoria de la longitud total de tramos + la longitud total estimadas de las estaciones:</p> $P \text{ Alternativa} = (P1 * L1 + P2 * L2 + \dots + Pn * Ln + Pe1 * Le1 + Pe2 * Le2 + \dots + Pen * Len) / (\sum L (1-n) + \sum Le (1-n))$ <p>P=puntaje L=longitud</p> |
| Unidad de medición | Puntaje entre 2 y 5 |
| Naturaleza | Indicador cualitativo |
| Visualización | Memoria de cálculo Excel |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que tiene el índice mayor, es la que están mejor calificada. Los intervalos de calificación son los siguientes: |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Perturbación en la operación del BRT

4.27 El indicador define las alternativas con menor impacto sobre el tráfico de las troncales del TransMilenio o sistema BRT de Bogotá D.C. Ver Anexo C3.2. como se explica en la siguiente ficha de cálculo Tabla 4.20:

Tabla 4.20 Indicador Perturbación en la operación del BRT

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Minimizar los impactos de las obras de construcción de la PLMB sobre el tráfico de las troncales del TransMilenio. |
| Variables del indicador (entradas) | <ul style="list-style-type: none"> - Alternativas segmentadas por tramos, - Longitud de cada tramo, - Longitud estimadas de estaciones, - Método constructivo de cada tramo. |
| Metodología de cálculo | El criterio “perturbaciones al tráfico BRT” consiste en definir las alternativas con impacto mínimo sobre el tráfico de las troncales del TransMilenio. Se realizó la identificación del kilometraje de troncales de TransMilenio afectado por la |

| Ítem | Descripción |
|--------------------|---|
| | <p>construcción de la expansión de la PLMB, tanto de la línea férrea como de las estaciones. Así mismo, se identificaron los tramos de troncales afectados puntualmente y linealmente por las obras de las alternativas.</p> <p>Según el tipo de infraestructura realizada, fue determinada una zona de influencia durante las obras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevado • trinchera cubierta • túnel <p>De allí se estiman los metros lineales del total de vías usadas por el sistema BRT susceptibles de cierre para las tipologías elevada y trinchera cubierta. En las zonas donde el sistema metro intercepta el sistema BRT, se considera una afectación de 100 metros.</p> <p>En contra parte, la tipología subterránea solo afecta la operación con el sistema BRT en las zonas de acceso a las estaciones, para lo cual se considera su afectación lineal.</p> <p>Ninguna de las alternativas planteadas a nivel tiene perturbación con el BRT, por lo cual no se considera.</p> |
| Unidad de medición | Km de troncales afectadas |
| Naturaleza | Indicador cuantitativo |
| Visualización | Planos y memoria de cálculo Excel |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que tiene la menor longitud de interferencia obtendrá la mejor calificación: |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Ruido y vibraciones

4.28 Este criterio contiene los indicadores de generación de ruido por la construcción y la generación de vibraciones por la construcción del proyecto de expansión de las alternativas evaluadas.

- Generación de ruido por la construcción del sistema

4.29 A continuación, se incluye la ficha de cálculo para la posible afectación por el ruido que produce la construcción del proyecto de expansión de la PLMB-T1. Ver Anexo C4.1. Generación de Ruido por la Construcción del Sistema. Tabla 3.12

Tabla 4.21 Indicador Generación de ruido por la construcción del sistema

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Comparar los niveles de presión sonora que se pueden generar por la construcción de la expansión de la PLMB, para determinar la alternativa de menor impacto por su generación. |
| Variables del indicador (entradas) | Información desarrollada para la evaluación y estructuración de la PLMB, en especial el documento PLMB-SYS-DOC-TOD-0300-0C y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL (EIAS) |

| Ítem | Descripción |
|------------------------|--|
| Metodología de cálculo | Para estimar este impacto, se tuvieron en cuenta los valores obtenidos en las proyecciones de ruido realizadas en anteriores estudios para la PLMB, tanto subterráneo como elevado, tomando los valores máximos en cada caso, teniendo en cuenta el nivel de información del presente estudio. |
| Unidad de medición | Niveles de presión sonora en decibeles (dB) |
| Naturaleza | Indicador cuantitativo |
| Visualización | Valores obtenidos en las proyecciones de ruido realizadas en anteriores estudios |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que registre el menor nivel promedio será la que mejor calificación registre dentro del análisis. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Generación de vibraciones por la construcción del sistema

4.30 El indicador se estima con información secundaria la posible afectación por vibraciones que produce la construcción del proyecto de expansión de la PLMB-T1. De la siguiente forma (Ver Anexo C4.2. Generación de vibraciones por la construcción del sistema), Tabla 4.22

Tabla 4.22 Indicador Generación de vibraciones por la construcción del sistema

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Objetivo | Valorar las vibraciones que se pueden generar por la construcción del sistema, para determinar la alternativa de menor impacto. |
| Variables del indicador (entradas) | Cartografía de Bogotá, identificada a través de Google Earth (Información Secundaria). Plan de Ordenamiento Territorial 2020. |
| Metodología de cálculo | Para realizar la estimación de las vibraciones generadas, se identificaron los predios ubicados en la zona de influencia directa para cada una de las alternativas. Se tuvieron en cuenta los umbrales de riesgo de movimientos admisibles definidos en el plan de auscultación elaborado como parte del Contrato 849 de 2013 desarrollado por el Consorcio CL1. |
| Unidad de medición | Unidades de predios identificados (UN) |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Hoja de cálculo Excel |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que cuente con menor número de predios identificados para la construcción de la alternativa Metro será la de mejor puntuación. (|

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Redes

4.31 La evaluación de las interferencias de las redes de servicios públicos sobre las alternativas propuestas para la expansión del metro permitirá reconocer el corredor en el que se generarían

menos afectaciones en las principales líneas de redes húmedas y secas, reduciendo de esta manera las actividades de redistribución y relocalización en la etapa de construcción.

- Interferencias con redes principales

4.32 Para la evaluación de las afectaciones sobre redes principales por interferencias con cada una de las alternativas propuestas para la expansión de la primera línea del Metro de Bogotá, se consideraron las redes de servicios públicos existentes de los siguientes sistemas: Red matriz de acueducto, redes troncales de alcantarillado pluvial y sanitario, redes eléctricas de alta tensión y redes de gas natural Tabla 4.23.

Tabla 4.23 Indicador Interferencias con redes principales

| Ítem | Descripción | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-----------------------|-----------------------------|--|------------------------------|---|---------------------------------|-----|---------------------------------|---|------------------------------|---|-----------------------------------|--|------------------------------|---|--------------------------------------|---|--------------------|--|-------|---|
| Objetivo | Identificar y cuantificar la longitud de redes (según tipología y operador) que puedan presentar interferencia con la construcción y/o operación del proyecto para cada alternativa presentada. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS) | Redes de servicios públicos: Red Matriz de acueducto, red troncal de alcantarillado pluvial y sanitario, redes de alta tensión y redes de gas. La información de cada red fue suministrada por las empresas de servicios públicos responsable, en formato shapefile o geodatabase. Las entidades graficas analizadas serán las correspondientes a tuberías o líneas de alta tensión. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Metodología de cálculo | <p>Para cada tipo de red de servicio público, se realizó el cálculo de metros lineales de infraestructura principal que interfieren con cada una de las alternativas de trazado, según se describe a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acueducto: se estiman los metros lineales de red matriz ($\Phi > 12''$) que requerirían ser intervenidos. • Alcantarillado: se estiman los metros lineales de colectores e interceptores pertenecientes a las redes troncales afectados por las alternativas. Se incluyen box culvert y canales de los sistemas de alcantarillado. • Energía: se estiman los metros lineales de infraestructura de alta tensión que requerirán ser intervenidos. • Gas: se estiman los metros lineales de tuberías con diámetros de más de 4" que requerirán ser intervenidos. <p>Se incluyó un "Factor de Complejidad" en la cuantificación de las interferencias lineales, definido por la EMB:</p> <table border="1" data-bbox="609 1444 1334 1854"> <thead> <tr> <th>Factor por metro lineal de interferencia identificada</th> <th>Factor de complejidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Red matriz acueducto</td> </tr> <tr> <td>Diámetro menor a 16 pulgadas</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Diámetro entre 16 y 24 pulgadas</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>Diámetro entre 25 y 40 pulgadas</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Diámetro mayor a 40 pulgadas</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Red troncal alcantarillado</td> </tr> <tr> <td>Diámetro menor a 60 pulgadas</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Diámetro mayor o igual a 60 pulgadas</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Redes secas</td> </tr> <tr> <td>Otras</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | Factor por metro lineal de interferencia identificada | Factor de complejidad | Red matriz acueducto | | Diámetro menor a 16 pulgadas | 1 | Diámetro entre 16 y 24 pulgadas | 1,5 | Diámetro entre 25 y 40 pulgadas | 2 | Diámetro mayor a 40 pulgadas | 3 | Red troncal alcantarillado | | Diámetro menor a 60 pulgadas | 1 | Diámetro mayor o igual a 60 pulgadas | 2 | Redes secas | | Otras | 1 |
| Factor por metro lineal de interferencia identificada | Factor de complejidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Red matriz acueducto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diámetro menor a 16 pulgadas | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diámetro entre 16 y 24 pulgadas | 1,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diámetro entre 25 y 40 pulgadas | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diámetro mayor a 40 pulgadas | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Red troncal alcantarillado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diámetro menor a 60 pulgadas | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diámetro mayor o igual a 60 pulgadas | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Redes secas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Otras | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Ítem | Descripción | | |
|---------------------|---|---------------------|-----|
| | <table border="1"> <tr> <td>Red de alta tensión</td> <td>1,5</td> </tr> </table> | Red de alta tensión | 1,5 |
| Red de alta tensión | 1,5 | | |
| Unidad de medición | Metros lineales de redes principales posiblemente interferidas. | | |
| Naturaleza | Indicador cuantitativo | | |
| Visualización | Cuantificación de la longitud de los tramos de redes interceptadas con los corredores de afectación de cada alternativa. | | |
| Nivel | Bogotá D.C. | | |
| Calificación | La alternativa que arroje menos cantidad de metros lineales de redes principales interferidas por el trazado es la que resulta mejor puntuada en el presente indicador. | | |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Componente Urbano-Paisajístico

4.33 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. Lo anterior, teniendo en cuenta que el proyecto de transporte es un proyecto que impacta el desarrollo físico-espacial de la ciudad, pero así mismo constituye una oportunidad de modificar las estructuras urbanas existentes. La definición de los criterios e indicadores del componente urbano-paisajístico se encuentra detallada en el capítulo correspondiente del Entregable 2 del presente estudio. Sin embargo, con el objetivo de retomar el tema, a continuación, se encuentra la ficha principal resumen de cada uno de los indicadores utilizados en la presente fase del estudio. De acuerdo a lo explicado en la aparte evaluación multicriterio del capítulo 4 del presente informe, en las fichas que se encuentran a continuación está incluida la modificación propuesta para los indicadores del criterio de renovación urbana.

Criterio renovación urbana

- Indicador potencial de generación y renovación de espacio público

4.34 A continuación la ficha correspondiente al indicador de potencial de generación de espacio público Tabla 4.24

Tabla 4.24 Indicador Potencial de generación de Espacio Público

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Objetivo | Generar y/o renovar zonas de espacio público por la inserción urbana del proyecto |
| Variables del indicador (entradas) | Potencial de generación y renovación de espacio público a partir de la inserción urbana del trazado y diseño conceptual de estaciones por alternativa; y el cruce de esta información con la cartografía oficial del distrito (espacio público efectivo, manzanas, predios y edificaciones). |
| Metodología de cálculo | La inserción urbana del trazado y el diseño conceptual de estaciones, tanto de las alternativas elevadas como las subterráneas, trae como consecuencia la |

| Ítem | Descripción |
|------|---|
| | <p>generación de afectaciones prediales, así como oportunidades de generar nuevas áreas de espacio público y/o renovar áreas de espacio público existente, en ambos casos localizadas en la primera manzana adyacente al sistema. Este indicador se mide en superficie (metros cuadrados totales de espacio público generado/renovado por la inserción del sistema).</p> <p>La generación de espacios públicos se da considerando los siguientes casos tipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espacio público generado a partir de la inserción de edificaciones laterales de acceso a estaciones de alternativas elevadas. Se contabilizan los casos en los que los edificios laterales de acceso están localizados en predios privados que son afectados (en algunos casos, los edificios laterales de acceso están localizados en espacio público existente, por lo cual éstos no generan espacio público nuevo). Para los casos en los que se localizan los edificios de acceso sobre predios que se afectan, se ha contabilizado como espacio público (ya que se generarían plazoletas públicas semi cubiertas en el área correspondiente a la huella de los edificios de acceso) el 50% del área en planta de dichos edificios laterales de acceso. Se contabiliza el 50% del área en planta de dichos edificios, ya que éstos requerirán de espacios técnicos, de servicio y puntos para la circulación vertical, que no contabilizan como espacio público. • Espacio público generado a partir de la inserción urbana de los puntos de acceso vertical a las estaciones subterráneas. Lo anterior aplica en los casos en los que no es posible localizar dichos accesos en el espacio público disponible (andenes, bahías de parqueo, plazoletas o zonas verdes), y por tanto es necesario afectar predios, lo que permite generar espacios públicos nuevos en este entorno. En este caso, se ha propuesto localizar dichos accesos en esquinas de manzana, de manera que estos espacios públicos nuevos no se encuentren entre medianeras y garantizar la seguridad y habitabilidad de estos. • Espacio público generado a partir de las afectaciones prediales generadas por la inserción urbana del trazado (tipología elevada o subterránea), en los casos en los que las manzanas afectadas son de tamaño pequeño, o los predios remanentes de la manzana después de la afectación son pocos. Este caso se presenta en especial en los tramos en los que el trazado debe cambiar de dirección y se generan curvas amplias, que afectan predialmente las manzanas localizadas en la intersección. Se propone que estos espacios de manzanas se conviertan en espacio público, en especial en los sectores con mayor densidad poblacional y menor oferta de espacios públicos. <ul style="list-style-type: none"> • Espacio público existente en el entorno del punto de inserción urbana de las estaciones, tanto elevadas como subterráneas, que se encuentra en mal estado o subutilizado. A partir de la inserción del sistema, éstas áreas de espacio público se contabilizan como áreas de renovación del espacio público, las cuales se verán beneficiadas (y harán parte del proyecto urbano) por la inserción del sistema. <p>La siguiente figura ilustra, a modo de ejemplo, el método de cálculo de este indicador:</p> |

| Ítem | Descripción |
|--------------------|---|
| | <p>Caso tipo: generación de espacio público por inserción urbana de edificios laterales de acceso a estaciones elevadas</p> <p> ■ Estación Edificios de acceso a la estación ■ Potencial Espacio Público </p> <p>ESCALA GRÁFICA</p> |
| Unidad de medición | m2 de espacio público |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | A través del plano en planta de inserción del trazado y las estaciones y un polígono que indica el área calculada. |
| Nivel | Primera manzana adyacente. Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que arroje una mayor superficie potencial de espacio público es la que resulta mejor puntuada en este indicador |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021


- **Indicador potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios**

4.35 A continuación la ficha correspondiente al indicador de potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios Tabla 4.25:

Tabla 4.25 Indicador potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Aprovechar las oportunidades generadas por la inserción del sistema para el desarrollo de nuevos proyectos inmobiliarios, renovación urbana y DOTS (desarrollo orientado al transporte sostenible). |
| Variables del indicador (entradas) | Potencial de generación de desarrollo de proyectos inmobiliarios a partir del diseño urbano conceptual de inserción del trazado y las estaciones por alternativa (tanto alternativas elevadas como subterráneas); y el cruce de esta información con la cartografía oficial del distrito (espacio público efectivo, manzanas, predios y edificaciones). |

| Ítem | Descripción |
|-------------------------------|--|
| <p>Metodología de cálculo</p> | <p>A partir de la inserción urbana del trazado y diseño conceptual de estaciones, tanto para las alternativas elevadas como para las subterráneas, se identifican las áreas con potencial de desarrollo inmobiliario en el área de influencia (primera manzana adyacente) del proyecto. El indicador se mide en superficie (metros cuadrados totales en planta de manzanas con potencial de desarrollo inmobiliario generado por la inserción del sistema).</p> <p>Para la identificación de estas áreas de oportunidad se identifican los siguientes casos tipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manzanas en las que se localizan los edificios laterales de acceso a estaciones elevadas, que están conformadas por edificaciones de poca altura (1 a 4 pisos), y que no cuentan con equipamientos colectivos, edificaciones representativas o Bienes de Interés Cultural (BIC). Aquí, se toma el área total de la manzana como área con potencial de desarrollo inmobiliario. En el caso de las manzanas en las que se dan las condiciones anteriormente mencionadas, pero que cuentan con uno o varios predios construidos en altura (5 pisos o más), se toma el área parcial de la manzana, excluyendo estos predios. • Manzanas en las que se presenta afectación predial por la inserción del trazado (tipología elevada o subterránea), pero que dicha afectación solamente afecta un predio de la manzana (es el caso de los puntos o intersecciones en los que el trazado debe hacer un cambio de dirección, y generar una curva amplia que afecta predios en las esquinas de manzana en la intersección). En estos casos, se toma el área remanente de la manzana como zona de potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios. <ul style="list-style-type: none"> • Manzanas en el entorno (primera manzana adyacente) del punto de inserción de las estaciones subterráneas (con afectación o sin afectación por los puntos de acceso verticales a la estación) las cuales tienen potencial de desarrollo inmobiliario, renovación urbana y DOTS; manzanas que aún no han sido desarrolladas en altura, y/o que no cuentan con BICS nacionales o distritales, o equipamientos de escala metropolitana. <p>La siguiente figura ilustra, a modo de ejemplo, el método de cálculo de este indicador:</p> |

| Ítem | Descripción |
|--------------------|---|
| |  |
| Unidad de medición | m2 con potencial inmobiliario |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | A través del plano en planta de inserción del trazado y las estaciones y un polígono que indica el área calculada. |
| Nivel | Primera manzana adyacente. Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que arroje una mayor superficie construible en el conjunto de estaciones y trazado es la que resulta mejor puntuada en este indicador. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

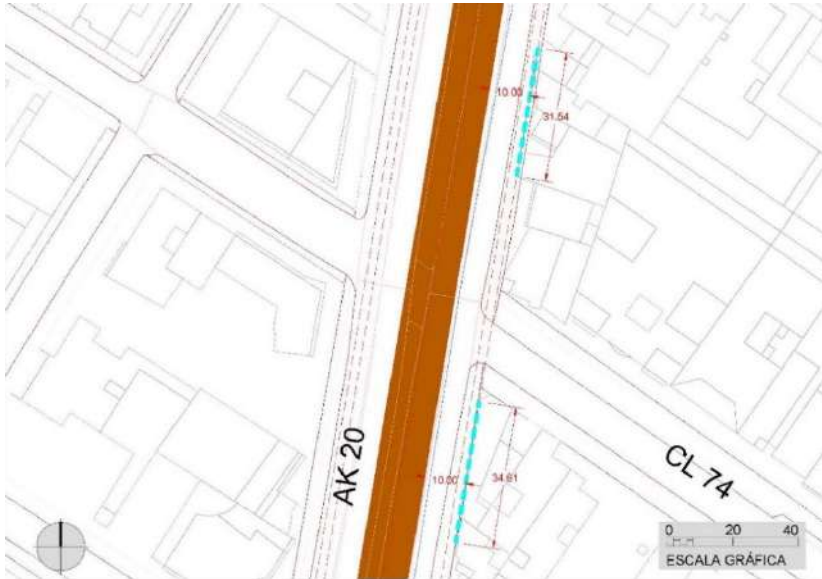
Criterio integración/des-integración urbana

- Indicador proximidad con edificaciones

4.36 A continuación la ficha correspondiente al indicador de potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios Tabla 4.26:

Tabla 4.26 Indicador proximidad con edificaciones

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Minimizar los impactos generados por la proximidad del sistema con las edificaciones (fachadas y cimentaciones) |
| Variables del indicador (entradas) | Proximidad con edificaciones a partir del diseño urbano conceptual de inserción del trazado y las estaciones por alternativa; y el cruce de esta información con la cartografía oficial del distrito (espacio público efectivo, manzanas, predios y edificaciones). |
| Metodología de cálculo | A partir de la inserción urbana del trazado y diseño conceptual de estaciones, se calcula el promedio de metros lineales que separan el proyecto de las |

| Ítem | Descripción |
|------|---|
| | <p>edificaciones identificando así los tramos más cercanos al proyecto en su ámbito de influencia (primera manzana adyacente).</p> <p>Para el caso de las alternativas de tipología elevada, el cálculo se lleva a cabo de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> En tramos rectos, se identifican los metros lineales de fachada que se encuentran dentro de una franja de 10m a partir del borde de la estructura a lado y lado. En tramos curvos, se identifican los metros lineales de fachada que se encuentran dentro de una franja de 8m a partir del borde de la estructura. En los puntos de inserción de las estaciones, se identifican los metros lineales de fachada que se encuentran dentro de una franja de 10m a partir del paramento de las estaciones. <p>Para el caso de las alternativas de tipología subterránea, el cálculo se lleva a cabo de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> A lo largo del trazado, se identifican los metros lineales de cimentaciones (para este ejercicio, se ha asumido el paramento en fachada como límite de las cimentaciones de las edificaciones) que se encuentran dentro de una franja de 10m a partir del eje del trazado a lado y lado. Para los puntos de inserción de las estaciones, se identifican los metros lineales de cimentaciones (identificados de la misma manera que en el punto anterior) que se encuentran dentro de una franja de 10m a partir del paramento de las estaciones. <p>Para todas las alternativas, los metros lineales de fachadas de predios están siendo afectados, tanto por la inserción del trazado como por estaciones, no se contabilizan en este indicador, ya que estos predios están siendo contabilizados como, o bien área con potencial de desarrollo inmobiliario, o área con potencial generación de espacio público.</p> <p>La siguiente figura ilustra, a modo de ejemplo, el método de cálculo de este indicador:</p>  |

| Ítem | Descripción |
|--------------------|--|
| Unidad de medición | ml afectados |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | A través del plano en planta de inserción del trazado y las estaciones y el buffer de ocupación del proyecto según el tipo de tramo (curvo o recto) y tipología del sistema (elevada o subterránea). |
| Nivel | Primera Manzana Adyacente. Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que arroje una menor proximidad con fachadas es la que resulta mejor puntuada en este indicador. |

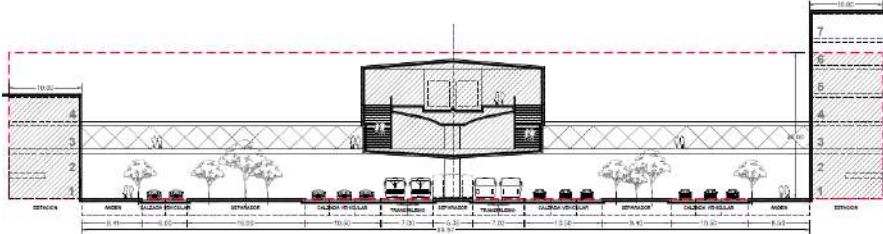
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Indicador impacto visual

4.37 A continuación la ficha correspondiente al indicador de potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios Tabla 4.27:

Tabla 4.27 Indicador Impacto visual

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Minimizar el impacto visual generado en el entorno urbano por la inserción de los nuevos elementos de infraestructura. |
| VARIABLES del indicador (entradas) | Impacto visual a partir del diseño urbano conceptual de inserción del trazado y las estaciones por alternativa. |
| Metodología de cálculo | <p>A partir de la división del espacio, entre área construida y área libre, se calcula la proporción en porcentaje de estos sobre el área analizada. Este indicador arroja el impacto de una nueva construcción sobre el espacio urbano existente.</p> <p>Para lo anterior, se mide en sección la proporción de área construida sobre área libre tanto para estaciones, como en tramos homogéneos, de la infraestructura férrea del transporte masivo de pasajeros.</p> <p>En los casos en los que la tipología de inserción del sistema de transporte es subterránea, no se considera esta proporción. Únicamente aplica en tramos elevados o a nivel dado que son los que generarían un cambio a nivel visual y una diferencia entre el entorno construido y libre.</p> <p>La siguiente figura ilustra, a modo de ejemplo, el método de cálculo de este indicador:</p> <p>Impacto visual generado por la inserción de la infraestructura férrea</p> |

| Ítem | Descripción |
|--------------------|---|
| | <p>Impacto visual generado por la inserción de la estación</p>  |
| Unidad de medición | % de área construida sobre área libre |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | A través del plano en sección de inserción del trazado y las estaciones y un polígono que indica el área calculada. |
| Nivel | Primera Manzana Adyacente. Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que arroje una menor proporción de área construida sobre área libre es la que resulta mejor puntuada en este indicador. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Componente Afectación Social

- 4.38 Para el presente estudio el Componente Afectación Social fue determinado por parte de la EMB con un único criterio que se denomina “Afectación a comunidades y territorio” en donde se fijaron dos (2) indicadores Ver Anexo E. Componente Afectación Social), los cuales se desarrollan a continuación:

Afectación a comunidades y territorio

- 4.39 “El impacto se refiere a los efectos que la intervención planteada o propuesta tiene sobre la comunidad en general”⁶. La gestión del Impacto Social está orientada a minimizar en gran medida la afectación social y a la reducción de los riesgos que ello involucra, a partir del aprovechamiento de las oportunidades presentadas, buscando con ello reducir en la medida de lo posible los impactos negativos y potenciar los impactos positivos. De esta manera se contribuye al mejoramiento de las relaciones con las comunidades y con otros grupos de Interesados (Stakeholders) del proyecto.
- 4.40 En consecuencia, es importante manifestar que el objetivo “de la política de dotación de equipamientos está enfocada a mejorar el nivel de vida de los ciudadanos a partir del fortalecimiento de la estructura urbana, principalmente la red de ciudades de la región, el centro y las centralidades, y las áreas estratégicas de integración regional; a partir de la adecuación de la oferta de equipamientos en relación con su localización y la demanda. En este mismo sentido, los equipamientos deben responder a lo siguiente: Conformación de una red jerarquizada, permitir la localización de nuevos equipamientos de alta jerarquía principalmente en las centralidades,

⁶ Concepto tomado del documento titulado: Impacto, impacto social y evaluación del impacto <http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v15n3/aci08307.pdf>

localización de nuevos equipamientos de escala urbana y zonal principalmente en las Unidades de Planeamiento Zonal de mejoramiento Integral”⁷.

- Afectación a la infraestructura o equipamiento social

4.41 El Sistema de Equipamiento es el conjunto de espacios y edificios destinados a proveer a los ciudadanos de los servicios sociales de cultura, seguridad y justicia, comunales, educación, salud, culto, deportivos, recreativos y de bienestar social, para mejorar los índices de seguridad humana a diferentes escalas de atención, en la perspectiva de consolidar la Ciudad como centro de una Red Regional de Ciudades.

4.42 Este sistema busca organizar los servicios sociales atendidos por entidades públicas, privadas y mixtas.

4.43 La tabla siguiente, permite identificar la manera como se evidencia el Indicador “Afectación a la infraestructura o equipamiento social” y, el procedimiento para su posterior evaluación, con la finalidad de determinar cuál será la alternativa más viable en el proceso de definición del proyecto de expansión de la PLMB – T1. Tabla 4.28

Tabla 4.28 Indicador Afectación a la infraestructura o equipamiento social

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Identificar y evaluar los impactos sociales que se presentan sobre los Equipamientos Sociales Comunitarios por cada alternativa de Fase 2. |
| Variables del indicador (entradas) | Cartografía de Bogotá, identificada a través de Google Earth (Información Secundaria). Plan de Ordenamiento Territorial 2020. Tomo: Sistema del Cuidado Hacia Territorialización del Sistema del Cuidado Estructura Funcional y de Servicios. Decreto Distrital 364 de 2013, Artículo 22. Definición del Sistema de Equipamientos |
| Metodología de cálculo | El indicador se calcula de acuerdo con la cantidad de Equipamientos Sociales Comunitarios que se impactan o que se interceptan en cada una de las alternativas de trazado |
| Unidad de medición | Unidades de Equipamientos Sociales Comunitarios (UN) |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Mapa y cantidad de Equipamientos Sociales Comunitarios impactados o interceptados |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que registre el menor número de Equipamientos Sociales Comunitarios afectados será la que mejor calificación registre dentro del análisis. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Afectación de zonas con valor patrimonial o cultural

⁷ Plan de Ordenamiento Territorial 2020. Tomo: Sistema del Cuidado Hacia Territorialización del Sistema del Cuidado Estructura Funcional y de Servicios.

- 4.44 El patrimonio cultural de la Nación está constituido por todos los bienes materiales, manifestaciones inmateriales, productos y representaciones de la cultura que son expresiones de la nacionalidad colombiana.
- 4.45 La Ley General de Cultura y el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) determinan que el patrimonio cultural del Distrito Capital “(...) Está constituido por los bienes y valores culturales que poseen un especial interés histórico, artístico, arquitectónico, urbano, arqueológico, testimonial y documental (...)”
- 4.46 Uno de los objetivos en relación con el patrimonio construido es su valoración, conservación y recuperación, esto con el fin de garantizar su permanencia como símbolo de identidad y el disfrute de la comunidad como bien cultural, así está estipulado en el Artículo 123 del Decreto Distrital 190 de 2004.
- 4.47 En Bogotá el patrimonio construido está conformado por los Bienes de Interés Cultural, los cuales están constituidos por: sectores, inmuebles, elementos del espacio público, caminos históricos y bienes arqueológicos que tengan un interés histórico, artístico, arquitectónico y urbanístico. Estos se dividen en dos grupos, los sectores de Interés Cultural y por los inmuebles de Interés Cultural, este último es el que procede para el análisis en la evaluación multicriterio de la presente Consultoría.
- 4.48 La tabla siguiente, permite identificar la manera como se evidencia el Indicador “*Afectación de zonas con valor Patrimonial o Cultural*” y, el procedimiento para su posterior evaluación, para determinar cuál será la alternativa más viable en el proceso de definición del proyecto de expansión de la PLMB – T1. Tabla 4.29

Tabla 4.29 Indicador Afectación de zonas con valor patrimonial o cultural

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Identificar y evaluar los impactos sociales que se presentan sobre las Zonas con Valor Patrimonial o Cultural por cada alternativa de Fase 2. |
| Variables del indicador (entradas) | Cartografía de Bogotá, identificada a través de Google Earth (Información Secundaria). Plan de Ordenamiento Territorial 2020. Tomo: Sistema del Cuidado Hacia Territorialización del Sistema del Cuidado Estructura Funcional y de Servicios. Decreto Distrital 364 de 2013, Artículo 22. Definición del sistema de Equipamientos |
| Metodología de cálculo | El indicador se calcula de acuerdo a la cantidad de Bienes de Interés Cultural y Patrimonial del ámbito Nacional y del ámbito Distrital que se impactarán o que se interceptarán en cada una de las alternativas de trazado |
| Unidad de medición | Unidades de Bienes de Interés Cultural del ámbito Nacional y Distrital (UN) |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Mapa y cantidad de Bienes de Interés Cultural del ámbito Nacional y cantidad de Bienes de Interés Cultural del ámbito Distrital, impactados o interceptados |
| Nivel | Ciudad Bogotá / Ciudad - Región / Localidad / Buffer 100m (50 metros a la derecha y 50 metros a la izquierda, en las zonas de corredor para cada alternativa y con un radio de 100 m para cada Estación) |
| Calificación | La alternativa que registre el menor número de Bienes de Interés Cultural afectados será la que mejor calificación registre dentro del análisis. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Componente beneficios sociales

4.49 Este componente cuantifica las mejoras en transporte que podrá disfrutar la ciudad con la construcción y operación de la extensión del Metro de Bogotá. Estos beneficios se evalúan a través de dos criterios: “Mejoras en transporte” e “integración modal.

4.50 Para la estimación de los indicadores se utilizó el modelo de cuatro etapas con información de julio de 2020 facilitados por la SDM. A continuación, se muestra una explicación de la metodología aplicada para el cálculo de los indicadores (Ver Anexo F. Componente Beneficios Sociales).

Mejoras de transporte

4.51 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

4.52 Este indicador mide la demanda extra atraída del nuevo sistema de transporte y su capacidad de movilizar pasajeros. Corresponde al total de pasajeros extra transportados en la hora de máxima demanda. Tabla 4.30.

Tabla 4.30 Indicador Pasajeros transportados

| 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 transportados en la HPAM por el sistema metro durante los 20 años de análisis para las ofertas y cortes temporales definidos. Posteriormente se divide en los 20 años para calcular el número de pasajeros totales promedio de la HPAM de la alternativa. $\frac{PasajerosMetro_{Alternativa} - PasajerosMetro_{StatusQuo}}{20 \text{ años}}$ |
| Unidad de medición | Pasajeros/HPAM |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Gráficos de barras que representen la cantidad estimada. |
| Nivel | Ciudad-región |
| Calificación | La alternativa con mayor cantidad de pasajeros extra capturados obtiene un mayor puntaje. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Ahorros en tiempo

4.53 El indicador mide la incidencia del proyecto en la disminución de los tiempos de desplazamiento de los viajeros en los diferentes modos de transporte. Tabla 4.31.

Tabla 4.31 Indicador Ahorros en tiempo

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Cuantificar el tiempo de viaje en transporte público total ahorrado por la ciudad-región. |
| VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS) | Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado. |
| Metodología de cálculo | El indicador ahorros de tiempo mide el promedio de los ahorros de tiempo totales de la HP AM durante los 20 años de análisis (2030-2050). Sin incluir penalidades A continuación se muestra la fórmula de cálculo del indicador: $\frac{\text{minutos totales}_{StatusQuo} - \text{minutos totales}_{Alternativa}}{20 \text{ años}}$ |
| Unidad de medición | Minutos/HPAM |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Gráficos de barras que representen la cantidad estimada. |
| Nivel | Ciudad-región |
| Calificación | La alternativa con mayor ahorro de tiempo obtiene mayor puntaje. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Integración

4.54 Este criterio mide la capacidad del metro para integrarse con la red de transporte masivo de la ciudad proyectada en los diferentes cortes temporales.

- Facilidad de conexión

4.55 Se refiere a la integración del proyecto con la red de transporte público de mayor capacidad de la ciudad (Metro, Regiotram y TransMilenio), por medio de la medición de los viajes con conexión en la red. Se busca la alternativa que maximice la conexión. Tabla 4.32.

Tabla 4.32 Indicador Facilidad de conexión

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Objetivo | Identificar la alternativa que maximice la conexión con la red de transporte masivo de la ciudad-región |
| VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS) | Vectores de población y usos de suelo, oferta de transporte público y privado. |
| Metodología de cálculo | Se estima la cantidad de viajes en transporte masivo sin incluir los viajes del Metro que conectan desde modos diferentes a los de transporte masivo (TransMilenio y Corredores Férreos). Corresponde a la diferencia entre el total de viajes que se realizan en transporte masivo y los que se realizan en otros medios de transporte público, durante los 20 años de análisis para las ofertas y cortes temporales definidos. |

| | |
|--------------------|--|
| | <p>Posteriormente se divide en los 20 años para calcular el número total de viajes promedio en la hora pico de la mañana de transporte masivo.</p> $\frac{(ViajesMasivo_{Alternativa} - ViajesMasivo_{StatusQuo}) - (ViajesAtendidosMetroSinMañana)}{20 \text{ años}}$ |
| Unidad de medición | Viajes/HPAM en los 20 años |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Gráficos de barras que representen la cantidad estimada. |
| Nivel | Ciudad-región |
| Calificación | La alternativa con mayor número de viajes tiene un mayor puntaje |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Componente Financiero

4.56 El “Componente Financiero” establece un costo de inversión que permita la ejecución presupuestal establecida por la Nación y el Distrito para el desarrollo de la expansión de la PLMB –T1. Para este caso se analizan las 4 alternativas seleccionadas mediante la misma metodología que se detalla en las fichas correspondientes:

Costos

4.57 La estimación de los costos, de estas alternativas se definen con las mismas variables utilizadas en el análisis precedente:

- Costos de inversión proyecto metro por km (con predios)

4.58 En la Tabla 4.33 se detalla el procedimiento para su evaluación, para determinar cuál será la alternativa más viable entre estas 4 opciones:

Tabla 4.33 Indicador Costos de inversión proyecto metro por km (con predios)

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Objetivo | Determinar costos por kilómetro de cada una de las alternativas planteadas, para la presente etapa. |
| Variables del indicador (entradas) | <p>Se toman como referencia para establecer indicadores de costos los siguientes documentos:</p> <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) • Costos de predios evaluados por la EMB |
| Metodología de cálculo | Se creó un 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, y se dividió por la longitud total de la alternativa |
| Unidad de medición | Inversión total (incluye predios) en pesos colombianos - COP /longitud de la línea sin ramal al patio taller (Km) |
| Naturaleza | Indicador cuantitativo |
| Visualización | Archivo de Excel, con toda la información contenida |
| Nivel | Ciudad Bogotá |
| Calificación | La alternativa que registre el menor costo promedio será la que mejor calificación registre dentro del análisis. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Costos de operación y mantenimiento

4.59 Para este análisis se calculan los costos de operación y mantenimiento estimando ratios para el uso, mantenimiento y reparaciones del material rodante e infraestructura, gastos en energía y agua, piezas de reemplazo, costo de mano de obra, necesarios para la operación y mantenimiento del proyecto.

4.60 La Tabla 4.34 detalla la metodología aplicada para dichos cálculos

Tabla 4.34 Indicador Costos de operación y mantenimiento

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Objetivo | Determinar el costo de explotación (entendidos como los de operación y mantenimiento) para cada una de las alternativas planteadas. |
| Variables del indicador (entradas) | <p>Los principales costos de operación y mantenimiento están representados en el personal, el consumo eléctrico, el mantenimiento y remplazo de elementos de la vía, del material rodante y de los equipamientos fijos en estación y a lo largo de la infraestructura lineal de transporte. En el caso de un túnel, es necesario equiparlo con un sistema de ventilación que tendrá que estar funcionado en permanencia y anti fuego y extracción de humo que tendrá de tener una gran reactividad y disponibilidad cuando necesario, así como un sistema de iluminación adecuado. En el caso de las estaciones subterráneas, el equipamiento de ventilación y extracción de humo es primordial tenerlo en adecuadas condiciones de funcionamiento para evitar consecuencias negativas en la eventualidad de incendios. Todo lo anterior representa un mayor consumo eléctrico y de personal de mantenimiento.</p> <p>Se toman como referencia los costos unitarios de operación establecidos por SYSTRA. El costo unitario varía dependiendo de si la línea esta subterránea o elevada y dependiendo del número de vagones por tren.</p> <p>El cálculo del número de kilómetros recorridos por cada tren (kilometraje) toma en cuenta la longitud de cada alternativa y el intervalo de operación en la hora pico (que se calcula en función de la demanda de cada alternativa en el modelo de transporte).</p> |

| Ítem | Descripción |
|------------------------|---|
| | El cálculo del número de viajeros de cada alternativa es procedente de la simulación de la demanda, que depende principalmente del trazado y de la localización de las estaciones. |
| Metodología de cálculo | <p>Los costos de operación y mantenimiento se calculan como todos los costos generados en un período de tiempo, distribuidos en los kilómetros recorridos por cada tren (costo por tren.kilómetro) o vagón (costo por vagon.kilómetro).</p> <p>Se considera los costos unitarios establecidos por SYSTRA: un costo en USD por vagón.kilómetro compuesto por costos fijos (personal) y costos variables (consumo eléctrico, mantenimiento de la vía y de los equipamientos en estación y en la infraestructura lineal de transporte) para el caso de kilómetros recorridos en viaducto y en túnel (se considerarán los costos fijos iguales para cada tipo de infraestructura ya que son comunes).</p> <p>El costo de operación corresponde al costo unitario (en USD/tren.km) multiplicado por el kilometraje. El kilometraje depende de la longitud de la línea y del intervalo de operación (según la demanda de tráfico de la línea) . Se presenta los detalles de este cálculo en el anexo G.</p> <p>El cálculo del costo de operación se hace en primer tiempo para una hora pico en el año 2030 (indicador considerado par la calificación de las alternativas). También, se indica el costo de operación anual como información adicional. Finalmente se calcula el costo en hora pico por pasajero adicional transportado. Esto se calcula haciendo la ratio entre el costo de operación en la hora pico adicional de cada alternativa y el número de pasajeros en hora pico. Este indicador permite de realizar un mejor análisis del costo de operación al proporcionar un análisis por el doble prisma de costo y demanda, y no solamente realizando un análisis por el solo prisma de la demanda.</p> |
| Unidad de medición | USD/pasajero adicional |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Archivo de Excel. Anexo G |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | Las alternativas de proyecto que ofrecen el menor costo de explotación, obtienen el mejor puntaje. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Componente Riesgo

Riesgo geotécnico y sísmico

- Riesgo de Subsistencia, derrumbes o afectación a estructuras

4.61 En la Tabla 4.35 se puede identificar la manera como se muestra la metodología para calcular el riesgo geológico.

Tabla 4.35 Indicador Riesgo de Subsistencia, derrumbes o afectación a estructuras

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Considerar el contexto geotécnico, geológico, hidrogeológico y sísmico de cada alternativa |
| VARIABLES DEL INDICADOR (ENTRADAS) | Unidades geológicas, zonificación geológica, geología estructural, hidrogeología, zonas de comportamiento sísmico homogéneo. |
| Metodología de cálculo | <p>El contexto geotécnico es generalmente desfavorable para las estructuras subterráneas más que para las estructuras aéreas. Sin embargo, en el contexto de Bogotá, el impacto sobre las soluciones aéreas es muy importante por el tipo de suelo. Por esta razón, parece que el impacto geotécnico es bastante próximo para los dos tipos de estructuras.</p> <p>Algunos impactos identificados para el túnel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo por causa del agua en las estaciones. • Riesgo de inestabilidad en la excavación. • Riesgo de frente mixto debido a la presencia de masas rocosas no previstas. <p>Algunos impactos identificados para el viaducto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundaciones con profundidades importantes. • Dimensiones importantes de fundaciones profundas. • Riesgos de desplazamientos importantes de los apoyos. <p>En función de la configuración del tramo de línea y del contexto geotécnico, se estimará una nota de 3 a 5 que traducirá el nivel de riesgo geotécnico asociado. Enseguida, la nota global de cada alternativa se calcula ponderadamente según la longitud de cada uno de los tramos.</p> <p>Igualmente, se evalúan las zonas de comportamiento sísmico homogéneo, y se considera una nota de 3 a 5 acorde al comportamiento esperado ante ocurrencia de sismo acorde a la configuración definida para el alineamiento.</p> <p>La calificación final es producto del promedio de las dos numéricas estimadas.</p> |
| Unidad de medición | Valoración cuantitativa (calificación entre 3.0 y 5.0) |
| Naturaleza | Indicador Cualitativo |
| Visualización | Microzonificación Sísmica de Bogotá |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | El tramo en viaducto y/o túnel que se encuentre en un contexto geotécnico favorable obtendrá un mejor puntaje. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Riesgo Ambiental

- Riesgo de afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros

4.62 La Tabla 4.36 muestra cómo se calcula el Indicador “Riesgo de afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros” y, el procedimiento para su posterior evaluación.

Tabla 4.36 Indicador Riesgo de afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros

| Ítem | Descripción |
|----------|---|
| Objetivo | Identificar los sitios con riesgo de inundación y remoción en masa que cruzan las alternativas propuestas |

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Variables del indicador (entradas) | Cartografía de Bogotá “Amenaza_MovMasaRes.751_2018” e “INUNDACION_1060_2018” IDIGER |
| Metodología de cálculo | El indicador se calcula como la cantidad de 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 con longitudes que tendrían riesgo de inundación y remoción en masa |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| 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

Riesgo sobre el cronograma

4.63 El riesgo sobre el cronograma se estima con el indicador de “incertidumbre sobre el rendimiento de construcción”. Ver Anexo H3. Riesgo sobre el Cronograma.

- Incertidumbre sobre el rendimiento de construcción

4.64 La Tabla 4.37 siguiente “Indicador Incertidumbre sobre el rendimiento de construcción”, permite identificar la manera como se evidencia el Indicador “Incertidumbre sobre el rendimiento de construcción” y, el procedimiento para su posterior evaluación, para determinar cuál será la alternativa más viable en el proceso de definición de la línea 2 del metro de Bogotá.

Tabla 4.37 Indicador Incertidumbre sobre el rendimiento de construcción

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Objetivo | Considerar el criterio de rendimiento de la construcción de la línea en función de su configuración (subterránea o elevada) y el contexto urbano del trazado (densidad urbana, redes, calles estrechas, etc.) |
| Variables del indicador (entradas) | <ul style="list-style-type: none"> - Alternativas segmentadas por tramos, - Longitud de cada tramo, - Localización de estaciones y tipología, - Identificación de tramos con BRT, - Identificación de zonas con alta densidad de redes |
| Metodología de cálculo | <p>El criterio “Riesgo sobre el cronograma” consiste en considerar el rendimiento de la construcción de la línea según su configuración (subterránea o elevada) y el contexto urbano del trazado (densidad urbana, presencia de redes, calles estrechas, etc.)</p> <p>Para evaluarlo, se determinó el nivel de facilidad de realización para cada tipo de infraestructura con una nota de 3 (peor resultado) a 5 (mejor resultado).</p> <p>Para tipología subterránea:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Infraestructura tipo túnel – Calificación: 3/5 <p>El contexto geotécnico de Bogotá permite obtener un rendimiento elevado de progreso de las tuneladoras. Sin embargo, la construcción de las estaciones subterráneas necesitará un tiempo de ejecución importante.</p> |

| Ítem | Descripción |
|--------------------|---|
| | <p>- Infraestructura tipo túnel entre pantallas – Calificación: 3/5 La configuración y las zonas de implantación de las trincheras imponen la previsión de actuar por etapas y métodos de obras complejos que provocaran rendimientos bajos. Una nota de 3/5 está atribuida a este tipo de infraestructura.</p> <p>Para tipología elevada:</p> <p>- Infraestructura tipo viaducto – Calificación: entre 3/5 y 5/5 El riesgo geotécnico es importante para el viaducto, pero en caso de peligros el progreso de las obras no será impactado ya que los apoyos son puntuales. Por eso se puede contemplar proseguir los trabajos sobre otros apoyos antes de resolver el problema. Para este riesgo se identifican 3 zonas de viaducto según la complejidad del contexto geotécnico, de la siguiente forma:</p> <p>Zona 1 (Av. Ciudad de Cali entre Av. Rincón y Av. Suba / ALO entre calle 126b y Av. Suba) – Calificación 5/5 El viaducto está implantado en el eje de la vía con una configuración urbana poco densa.</p> <p>Zona 2 (Calle 72 entre autopista Norte y la Av. Ciudad de Cali / Av. Cali entre calle 72 y Av. Rincón) – Calificación 4/5 El viaducto está ubicado en un sitio con la presencia de redes importantes y densificación urbana.</p> <p>Zona 3 (Av. Cali entre calle 72 y calle 80) – Calificación 3/5 El viaducto está en interfaz con la proyección del BRT y su infraestructura, lo que necesita fases de realización y obligaciones de ejecución importantes.</p> |
| Unidad de medición | Puntaje entre 3 y 5 |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Memoria de cálculo Excel |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | La alternativa que tiene el mayor puntaje obtendrá la mejor calificación. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Riesgo de gestión predial

- Capacidad de gestión para la adquisición predial

- 4.65 Con el eje del trazado de las alternativas, se realizó el análisis del componente predial a partir de la información catastral, identificando el número de predios que posiblemente se verán afectados por la inserción del proyecto.
- 4.66 Esta identificación se realizó de acuerdo con la tipología de línea, sea el tramo elevado, subterráneo o mixto. Para los tramos con tipología de línea elevada se tiene un ancho de 10.5 m y para tramos con tipología de línea subterránea se tiene un ancho de 12.4 m, contemplando el

ancho del túnel y pantallas, para la tipología mixta se realizó una franja de acuerdo con cada caso, sea elevada o subterránea en los diferentes tramos de acuerdo a cada corredor.

- 4.67 A lo largo de cada corredor y en conjunto con la base catastral, se realizó la identificación de los predios por alternativa. Permitiendo determinar la cantidad de predios que se intersecan con la franja mencionada anteriormente y con las áreas determinadas como estaciones por cada alternativa.
- 4.68 De acuerdo al análisis de la evaluación multicriterio, se define las siguientes alternativas finalmente seleccionadas Tabla 4.38.

Tabla 4.38 Alternativas evaluadas para riesgo predial.

| Alternativa | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 |
|-------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva |
| 2.15 | Calle 72 - Av. Cali - ALO | Subterránea | Línea nueva |
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali (tramo ALO) | Mixta | Línea nueva |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Riesgo financiero

- Incertidumbre sobre el costo del proyecto

- 4.69 La siguiente Tabla 4.39 permite identificar la manera como se evidencia el Indicador “Costos de inversión proyecto metro por km (con predios)” y, el procedimiento para su posterior evaluación.

Tabla 4.39 Indicador Costos de inversión proyecto metro por km (con predios)

| 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) • Costos de predios evaluados por la EMB |
| Metodología de cálculo | Se creó un 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, y se dividió por la longitud total de la alternativa |

| Ítem | Descripción |
|--------------------|---|
| Unidad de medición | Inversión total (incluye predios) en pesos colombianos - COP /longitud de la línea sin ramal al patio taller (Km) |
| Naturaleza | Indicador cuantitativo |
| Visualización | Archivo de Excel, con toda la información contenida |
| Nivel | Ciudad Bogotá |
| Calificación | La alternativa que registre el menor costo promedio será la que mejor calificación registre dentro del análisis. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Costos de operación y mantenimiento

4.70 La siguiente Tabla 4.40 permite identificar la manera como se calcula el Indicador “Costos de operación y mantenimiento”

Tabla 4.40 Indicador Costos de operación y mantenimiento

| Ítem | Descripción |
|------------------------------------|--|
| Objetivo | Determinar el costo de explotación (entendidos como los de operación y mantenimiento) para cada una de las alternativas planteadas. |
| Variables del indicador (entradas) | <p>Los principales costos de operación y mantenimiento están representados en el personal, el consumo eléctrico, el mantenimiento y remplazo de elementos de la vía, del material rodante y de los equipamientos fijos en estación y a lo largo de la infraestructura lineal de transporte. En el caso de un túnel, es necesario equiparlo con un sistema de ventilación que tendrá que estar funcionado en permanencia y anti fuego y extracción de humo que tendrá de tener una gran reactividad y disponibilidad cuando necesario, así como un sistema de iluminación adecuado. En el caso de las estaciones subterráneas, el equipamiento de ventilación y extracción de humo es primordial tenerlo en adecuadas condiciones de funcionamiento para evitar consecuencias negativas en la eventualidad de incendios. Todo lo anterior representa un mayor consumo eléctrico y de personal de mantenimiento.</p> <p>Se toman como referencia los costos unitarios de operación establecidos por SYSTRA. El costo unitario varía dependiendo de si la línea esta subterránea o elevada y dependiendo del número de vagones por tren.</p> <p>El cálculo del número de kilómetros recorridos por cada tren (kilometraje) toma en cuenta la longitud de cada alternativa y el intervalo de operación en la hora pico (que se calcula en función de la demanda de cada alternativa en el modelo de transporte).</p> <p>El cálculo del número de viajeros de cada alternativa es procedente de la simulación de la demanda, que depende principalmente del trazado y de la localización de las estaciones.</p> |
| Metodología de cálculo | Los costos de operación y mantenimiento se calculan como todos los costos generados en un período de tiempo, distribuidos en los kilómetros recorridos por cada tren (costo por tren. Kilómetro) o vagón (costo por vagon.kilómetro). |

| Ítem | Descripción |
|--------------------|---|
| | <p>Se considera los costos unitarios establecidos por SYSTRA: un costo en USD por vagon.kilómetro compuesto por costos fijos (personal) y costos variables (consumo eléctrico, mantenimiento de la vía y de los equipamientos en estación y en la infraestructura lineal de transporte) para el caso de kilómetros recorridos en viaducto y en túnel (se considerarán los costos fijos iguales para cada tipo de infraestructura ya que son comunes).</p> <p>El costo de operación corresponde al costo unitario (en USD/tren.km) multiplicado por el kilometraje. El kilometraje depende de la longitud de la línea y del intervalo de operación (según la demanda de tráfico de la línea) . Se presenta los detalles de este cálculo en el anexo G.</p> <p>El cálculo del costo de operación se hace en primer tiempo para una hora pico en el año 2030 (indicador considerado par la calificación de las alternativas). También, se indica el costo de operación anual como información adicional. Finalmente se calcula el costo en hora pico por pasajero adicional transportado. Esto se calcula haciendo el ratio entre el costo de operación en la hora pico adicional de cada alternativa y el número de pasajeros en hora pico. Este indicador permite de realizar un mejor análisis del costo de operación al proporcionar un análisis por el doble prisma de costo y demanda, y no solamente realizando un análisis por el solo prisma de la demanda.</p> |
| Unidad de medición | USD/pasajero adicional |
| Naturaleza | Cuantitativo |
| Visualización | Soporte. Anexo G |
| Nivel | Bogotá D.C. |
| Calificación | Las alternativas de proyecto que ofrecen el menor costo de explotación, obtienen el mejor puntaje. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Resultados matriz

Componente afectación ambiental

4.71 A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores del componente Impacto Ambiental, en cada una de las alternativas evaluadas.

Elementos de la Estructura Ecológica Principal

- Área de traslape con los elementos de la EEP

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

- Capa Áreas protegidas,
- Capa corredores de ronda,
- Capa cuenca alta del rio Bogotá,
- Capa Franja de adecuación,

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

4.73 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

4.74 En la siguiente tabla se presentan las áreas de traslape con zonas de protección que cruzan cada una de las alternativas y que corresponden a una afectación alta (80%). Tabla 4.41

Tabla 4.41 Resultados del indicador traslape con los elementos de la EEP (zonas protegidas)

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Área de traslape con los elementos de la EEP (Ha) | Área de traslape con los elementos de la EEP (Ha) – Aplicación Afectación alta (80 %) | Áreas protegidas identificadas |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---|---|--------------------------------------|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 88,30 | 70,64 | HUMEDAL DE JUAN AMARILLO O TIBABUYES |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 88,30 | 70,64 | HUMEDAL DE JUAN AMARILLO O TIBABUYES |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 86,94 | 69,55 | HUMEDAL DE JUAN AMARILLO O TIBABUYES |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 86,94 | 69,55 | HUMEDAL DE JUAN AMARILLO O TIBABUYES |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.75 Con base en el mapa de corredores ecológicos y el trazado de cada una de las alternativas evaluadas, se identificaron los siguientes corredores ecológicos:

- Humedal Juan Amarillo
- Río Salitre

4.76 Con base en el mapa de ronda hidráulica y el trazado de cada una de las alternativas evaluadas, se identificaron, las siguientes rondas hidráulicas:

- Canal Avenida Transversal de Suba
- Humedal Juan Amarillo
- Canal Cafam

4.77 Con base en el mapa de ZMPA y el trazado de cada una de las alternativas evaluadas, se identificaron, las siguientes zonas de manejo y protección ambiental:

- Canal Avenida Transversal de Suba
- Humedal Juan Amarillo
- Canal Cafam

4.78 En la siguiente Tabla 4.42 se presenta el resultado de las áreas de traslape con los elementos que conforman la estructura ecológica principal de Bogotá (Parques urbanos) que cruzan cada una de las alternativas y los cuales tienen una afectación media del 20%.

Tabla 4.42 Resultados del indicador traslape con los elementos de la EEP (parques urbanos)

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Área de traslape con Parques urbanos (Ha) | Área de traslape con Parques urbanos (Ha)– aplicación Afectación media (20%) | Parques urbanos identificados |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---|--|------------------------------------|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 3,39 | 0,68 | LA ESTACION ALCAZARES LA SERENA |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 3,39 | 0,68 | LA ESTACION ALCAZARES LA SERENA |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 3,39 | 0,68 | LA ESTACION ALCAZARES LA SERENA |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 3,39 | 0,68 | LA ESTACION ALCAZARES LA SERENA |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.79 En la siguiente Tabla 4.43 se presenta el consolidado del indicador Área de traslape con los elementos de la EEP.

Tabla 4.43 Resultados del indicador traslape con los elementos de la EEP

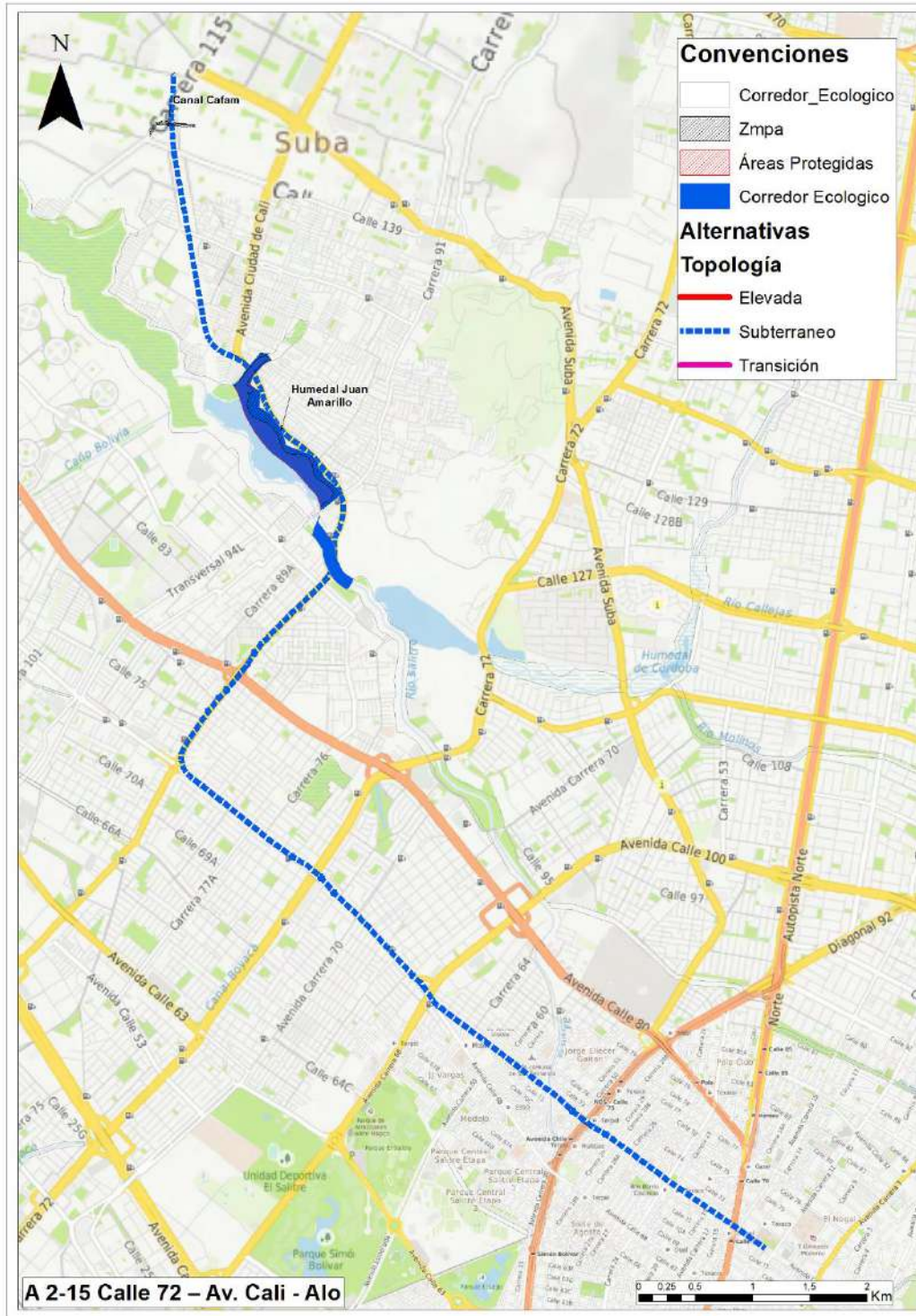
| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Afectación Alta 80% (Ha) | Afectación media 20% (Ha) | Área Total de traslape EEP (Ha) |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 70,64 | 0,68 | 71,32 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 70,64 | 0,68 | 71,31 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 69,55 | 0,68 | 70,23 |

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Afectación Alta 80% (Ha) | Afectación media 20% (Ha) | Área Total de traslape EEP (Ha) |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 69,55 | 0,68 | 70,23 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 4.80 En el anexo B1 se presenta un archivo en Excel donde se relacionan las áreas identificadas para cada una de las alternativas discriminadas por cada uno de los elementos que conforman la estructura ecológica principal de Bogotá.
- 4.81 En la Figura 4.32 se presenta una de las alternativas Calle 72–Av. Cali–ALO con menos área (70.23 ha) de traslape con los elementos que conforman la estructura ecológica principal de Bogotá (Áreas protegidas, corredores de ronda, cuenca alta del río Bogotá, Franja de adecuación, ronda hidráulica y ZMPA).

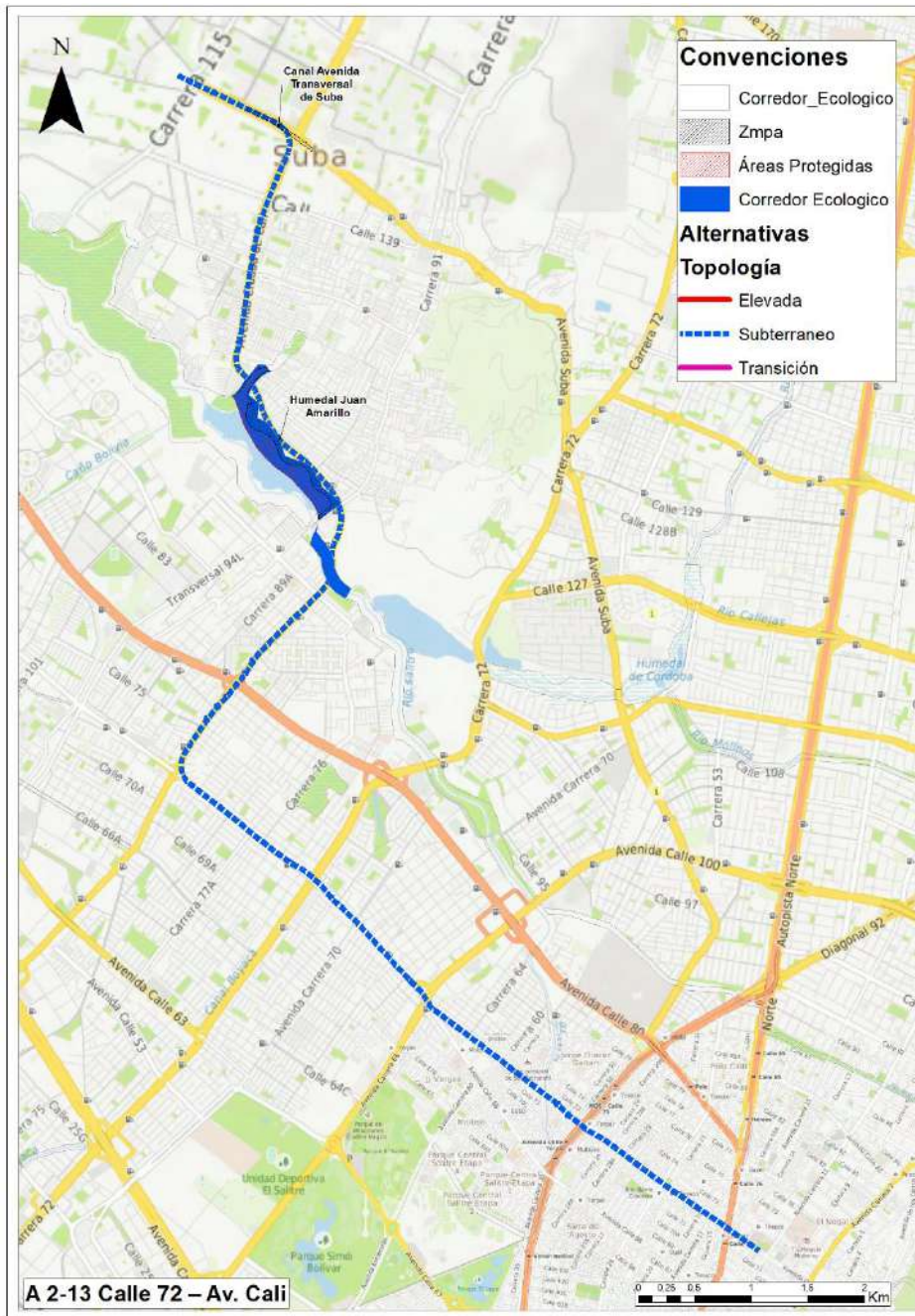
Figura 4.32 Traslape elementos que conforman la estructura ecológica principal de Bogotá alternativa Calle 72 – Av. Cali - ALO



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.82 En la siguiente Figura 4.33 se presenta una de las alternativas Calle 72 – Av. Cali – Subterránea – Línea nueva con mayor área (71,32 ha) de traslape con los elementos que conforman la estructura ecológica principal de Bogotá (Áreas protegidas, corredores de ronda, cuenca alta del río Bogotá, Franja de adecuación, ronda hidráulica y ZMPA).

Figura 4.33 Traslape elementos que conforman la estructura ecológica principal de Bogotá – 2.08. Calle 72 – Av. Cali – Subterránea – (Línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua

- Cruce con cuerpos de agua que puedan tener afectación en su dinámica hídrica e hidráulica

4.83 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:

Afectación media (Canales)

- Canal Avenida Transversal de Suba
- Canal Brazo Juan Amarillo
- Canal Salitre
- Canal Cafam

4.84 En las siguientes tablas se presenta la ponderación del indicador dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua y la identificación de los cuerpos de agua en cada una de las alternativas.

Tabla 4.44 Resultados del indicador afectación en la dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Cuerpos de agua identificados (Afectación alta) | Aplicación porcentaje (80%) | Cuerpos de agua identificados (Afectación media) | Aplicación porcentaje (20%) |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---|-----------------------------|--|-----------------------------|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 1,0 | 0,8 | 4,0 | 0,8 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 1,0 | 0,8 | 4,0 | 0,8 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 1,0 | 0,8 | 4,0 | 0,8 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 1,0 | 0,8 | 4,0 | 0,8 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Tabla 4.45 Resultados del indicador Afectación de la Dinámica Hídrica e Hidráulica de Cuerpo de Agua

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Afectación de la Dinámica Hídrica e Hidráulica de Cuerpos de Agua |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 1,60 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 1,60 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Subterránea | Línea nueva | 1,60 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Mixta | Línea nueva | 1,60 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

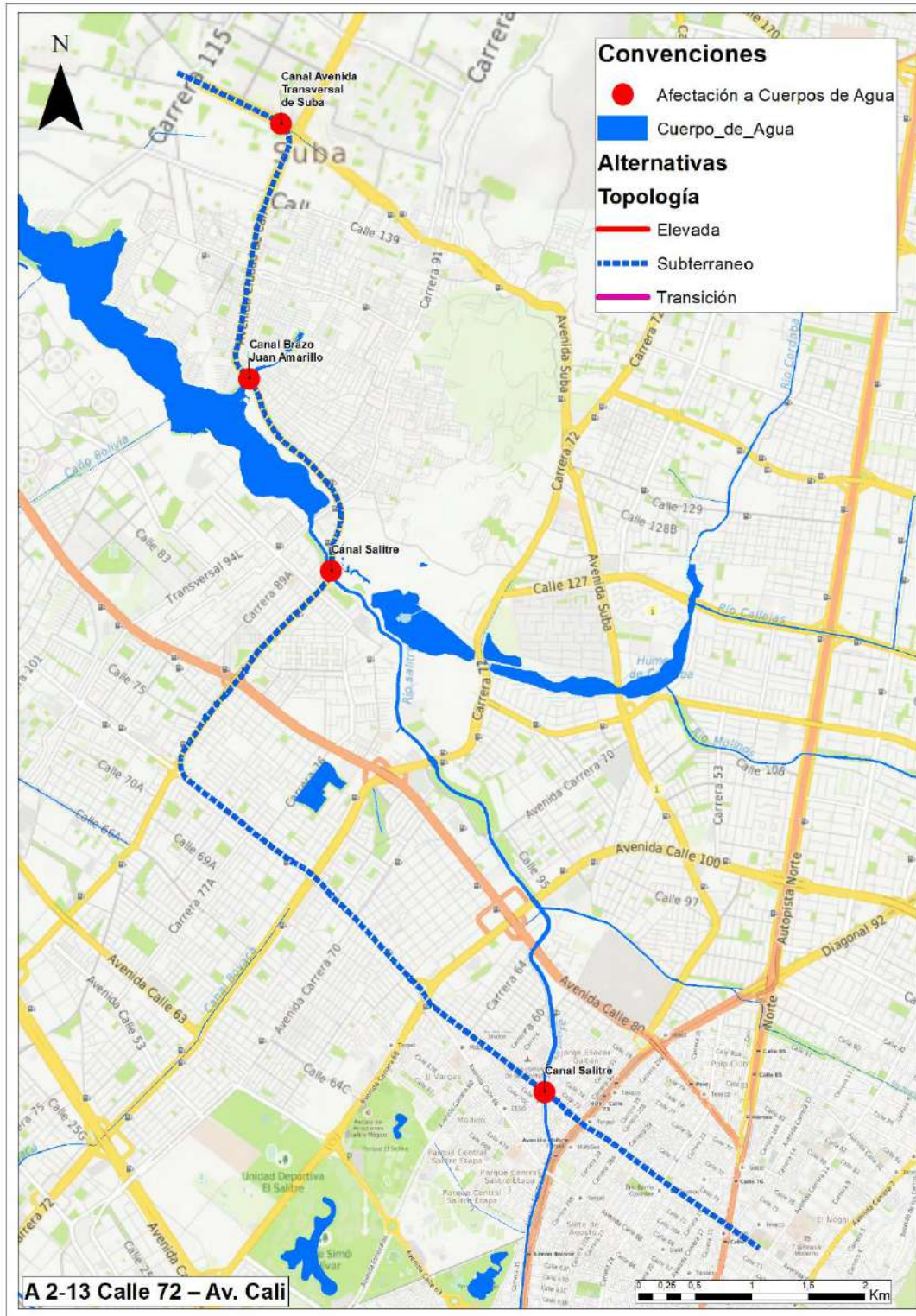
Tabla 4.46 Resultados del indicador afectación en la dinámica hídrica e hidráulica de cuerpos de agua

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Cruce con cuerpos de agua |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | Humedal Juan Amarillo Canal salitre (Carrera 55) Canal salitre (Avenida Cali) Canal Avenida Transversal de Suba Canal Brazo Juan Amarillo |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | Humedal Juan Amarillo Canal salitre (Carrera 55) Canal salitre (Avenida Cali) Canal Avenida Transversal de Suba Canal Brazo Juan Amarillo |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Subterránea | Línea nueva | Humedal Juan Amarillo Canal salitre (Carrera 55) Canal salitre (Avenida Cali) Canal Cafam Canal Brazo Juan Amarillo |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Mixta | Línea nueva | Humedal Juan Amarillo Canal salitre (Carrera 55) Canal salitre (Avenida Cali) Canal Cafam Canal Brazo Juan Amarillo |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.85 En la Figura 4.34 se presenta la gráfica de la alternativa Calle 72 – Av. Cali – Subterránea (línea nueva)

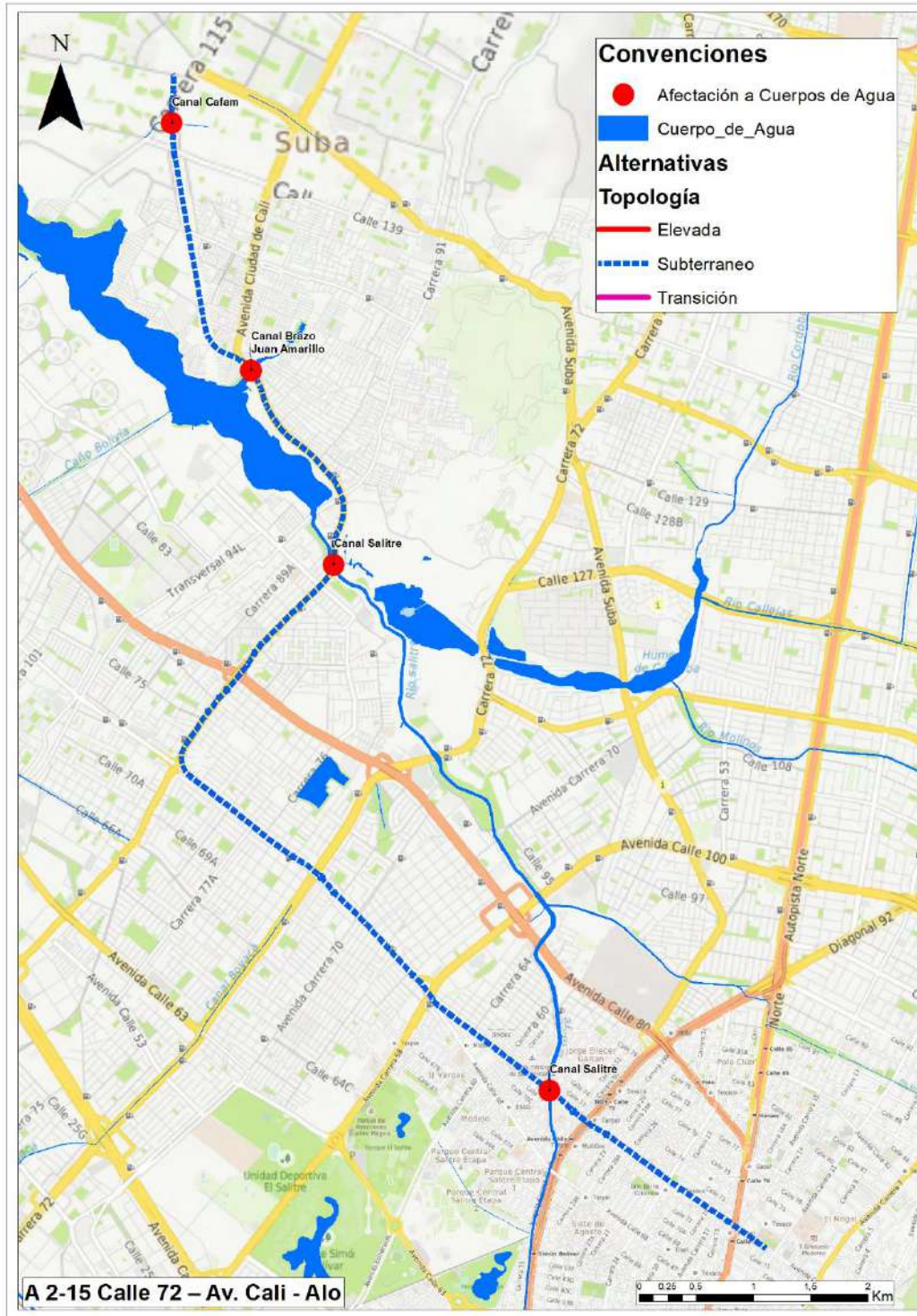
Figura 4.34 Cruce de cuerpos de agua alternativa Calle 72 – Av. Cali – Subterránea (línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.87 En la Figura 4.36 se presenta la gráfica de la alternativa Calle 72 – Av. Cali – Alo Subterránea (línea nueva)

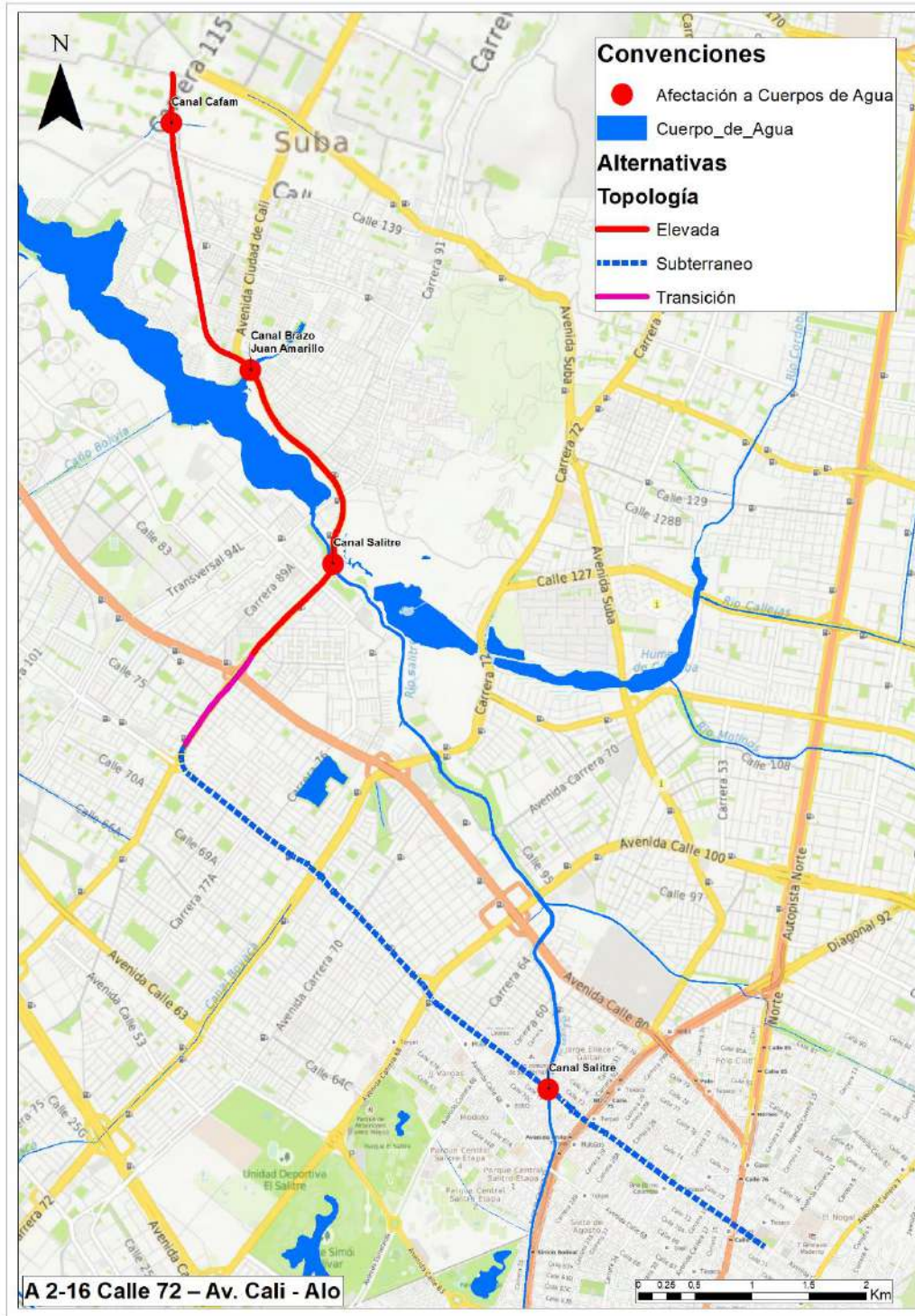
Figura 4.36 Cruce de cuerpos de agua alternativa Calle 72 – Av. Cali – ALO Subterránea (línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.88 En la Figura 4.37 se presenta la gráfica de la alternativa Calle 72 – Av. Cali – Alo - Mixta (línea nueva)

Figura 4.37 Cruce de cuerpos de agua alternativa Calle 72 – Av. Cali – ALO – Mixta (línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Geomorfología del terreno

- Zonas verdes endurecidas (áreas verdes endurecidas)

4.89 Se realizó traslape con las zonas verdes para cada una de las alternativas, tomando una franja de 100 m (50 m a cada lado del eje del proyecto – zona de influencia directa), las áreas de zonas verdes identificadas corresponden a las áreas susceptibles de ser endurecidas durante la construcción del proyecto.

4.90 En la Tabla 4.47 se presenta las áreas de traslape con zonas verdes para las 4 alternativas.

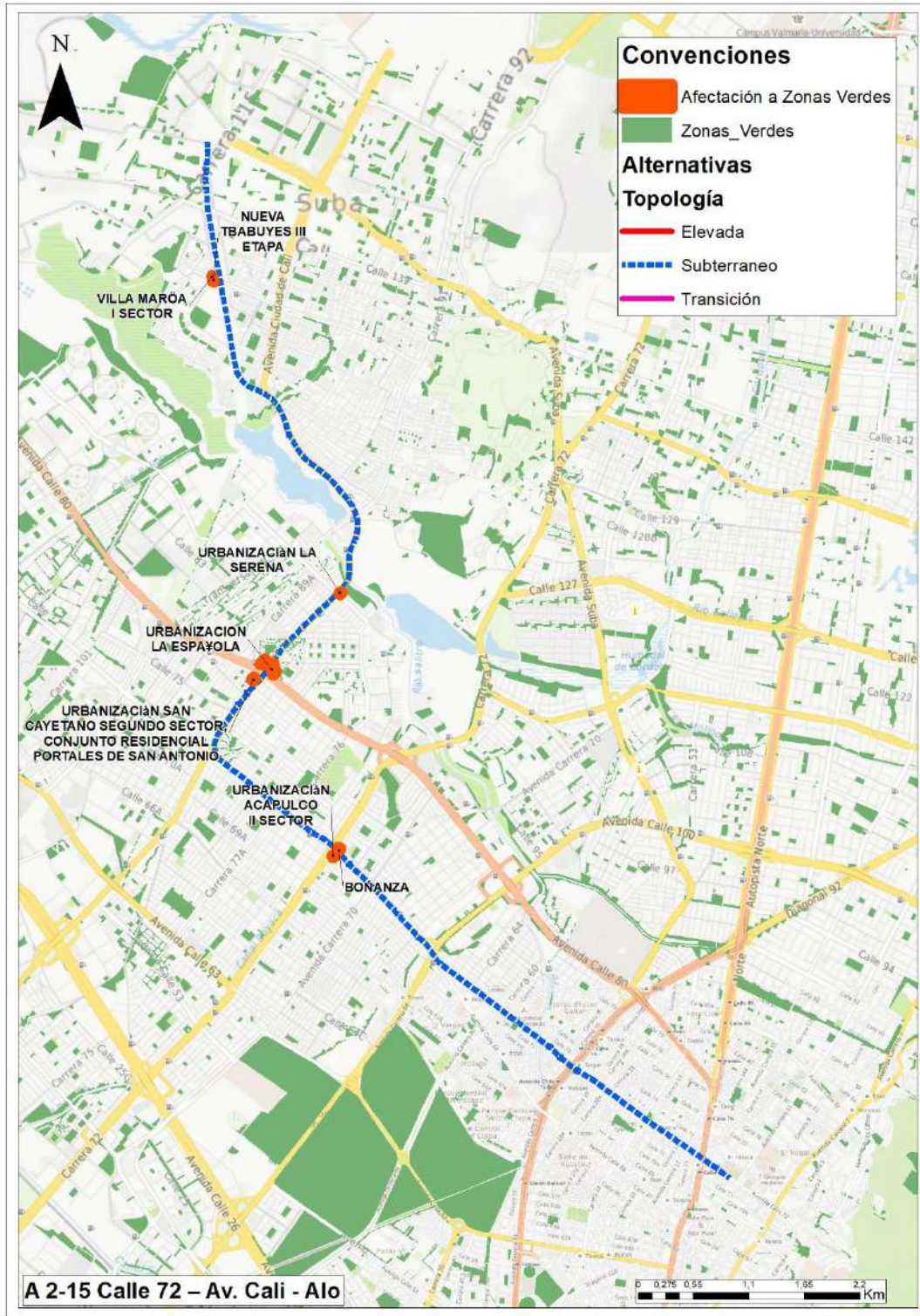
Tabla 4.47 Resultados del indicador Zonas verdes endurecidas (áreas verdes endurecidas)

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Traslape con zonas verdes (ha) |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 1,46 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 3,53 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 1,10 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 2,47 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.91 En la siguiente Figura 4.38 se presenta la alternativa con mejor puntuación, alternativa 2.15 Calle 72 – Av. Cali – Alo – subterránea (línea nueva), la cual tiene el menor cruce con zonas verdes (1,10 Ha) y por tanto la mejor calificación.

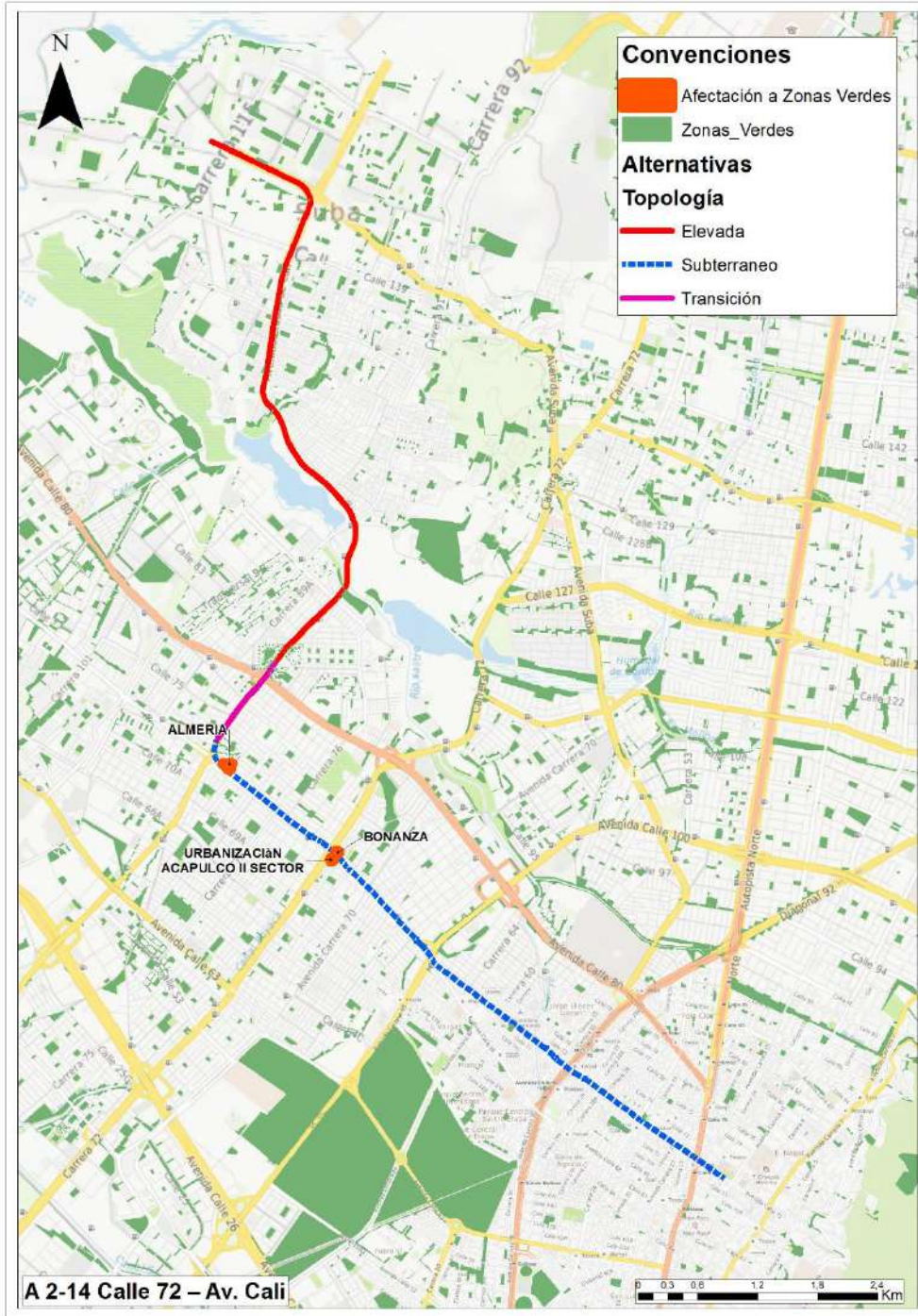
Figura 4.38 Cruce de zonas verdes alternativa 2.15. Calle 72 – Av. Cali – Alo – Subterránea (Línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.92 En la Figura 4.39 se presenta la alternativa con menor puntuación. Alternativa 2.14. Calle 72 – Av. Cali – Mixta (línea nueva), la cual tiene el mayor cruce con zonas verdes (3,53 Ha) y por tanto la menor calificación.

Figura 4.39 Cruce de zonas verdes, alternativa 2.14. Calle 72 – Av. Cali – Mixta (línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.93 En la siguientes Figura 4.40 se presenta el traslape con zonas verdes para la alternativa 2.13 Calle 72 – Av. Cali – Subterránea (Línea nueva)

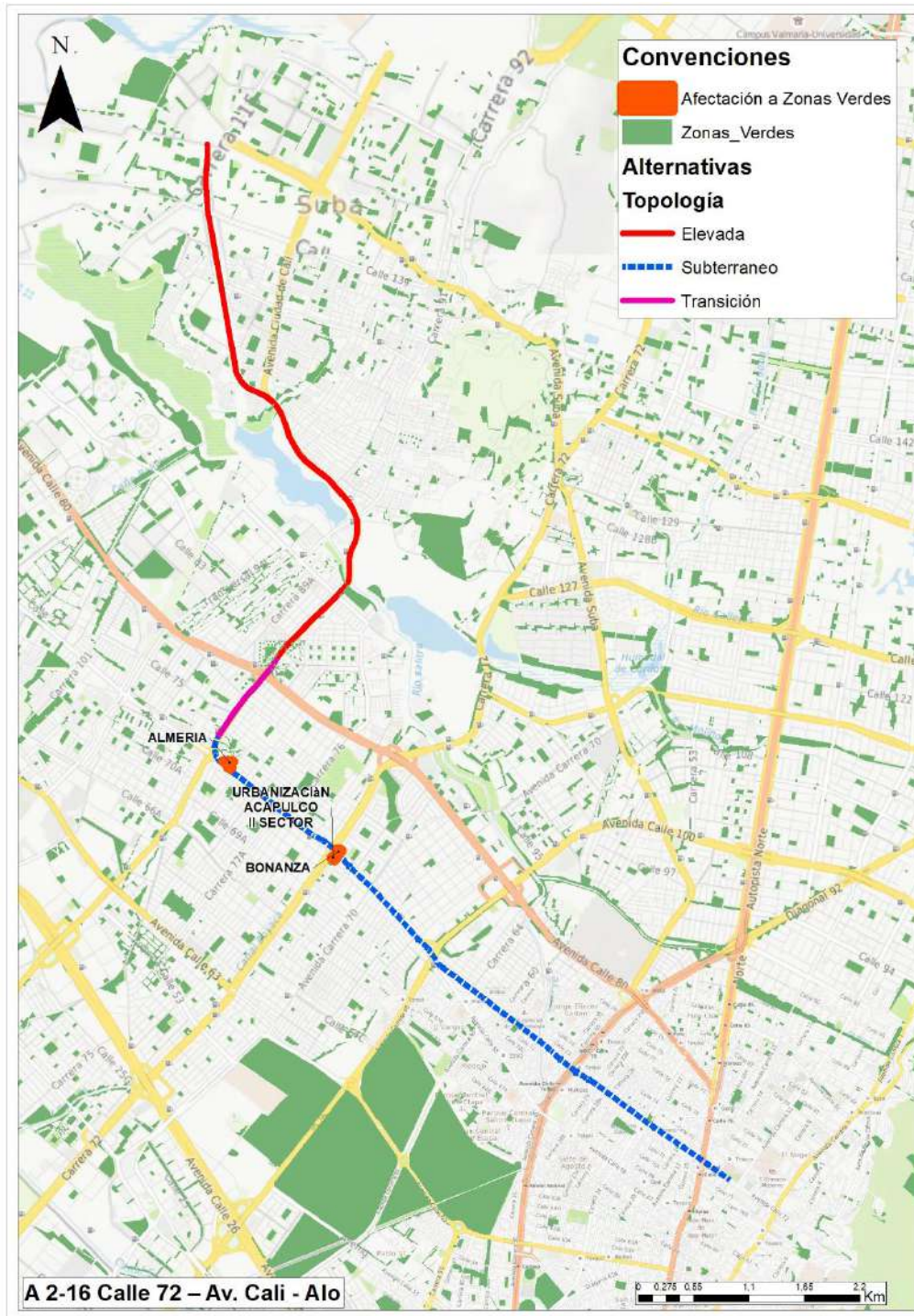
Figura 4.40 Cruce de zonas verdes, alternativa 2.13. Calle 72 – Av. Cali – Subterránea (Línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.94 En la siguientes Figura 4.41 se presenta el traslape con zonas verdes para la alternativa 2.16 Calle 72 – Av. Cali - Alo – Mixta (Línea nueva)

Figura 4.41 Cruce de zonas verdes, alternativa 2.16 Calle 72 – Av. Cali - Alo – Mixta (Línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Biodiversidad y conectividad ecológica estructural y funcional

- Traslape con zonas de importancia en biodiversidad

4.95 Se realizó el traslape con zonas de importancia en biodiversidad como: Ecosistemas, corredores ecológicos de biodiversidad, hábitats y arbolado urbano para cada una de las alternativas tomando una franja de 100 m (50 m a cada lado del eje del proyecto – zona de influencia directa).

4.96 En la Tabla 4.48 se presenta el resultado del traslape con zonas de importancia en biodiversidad.

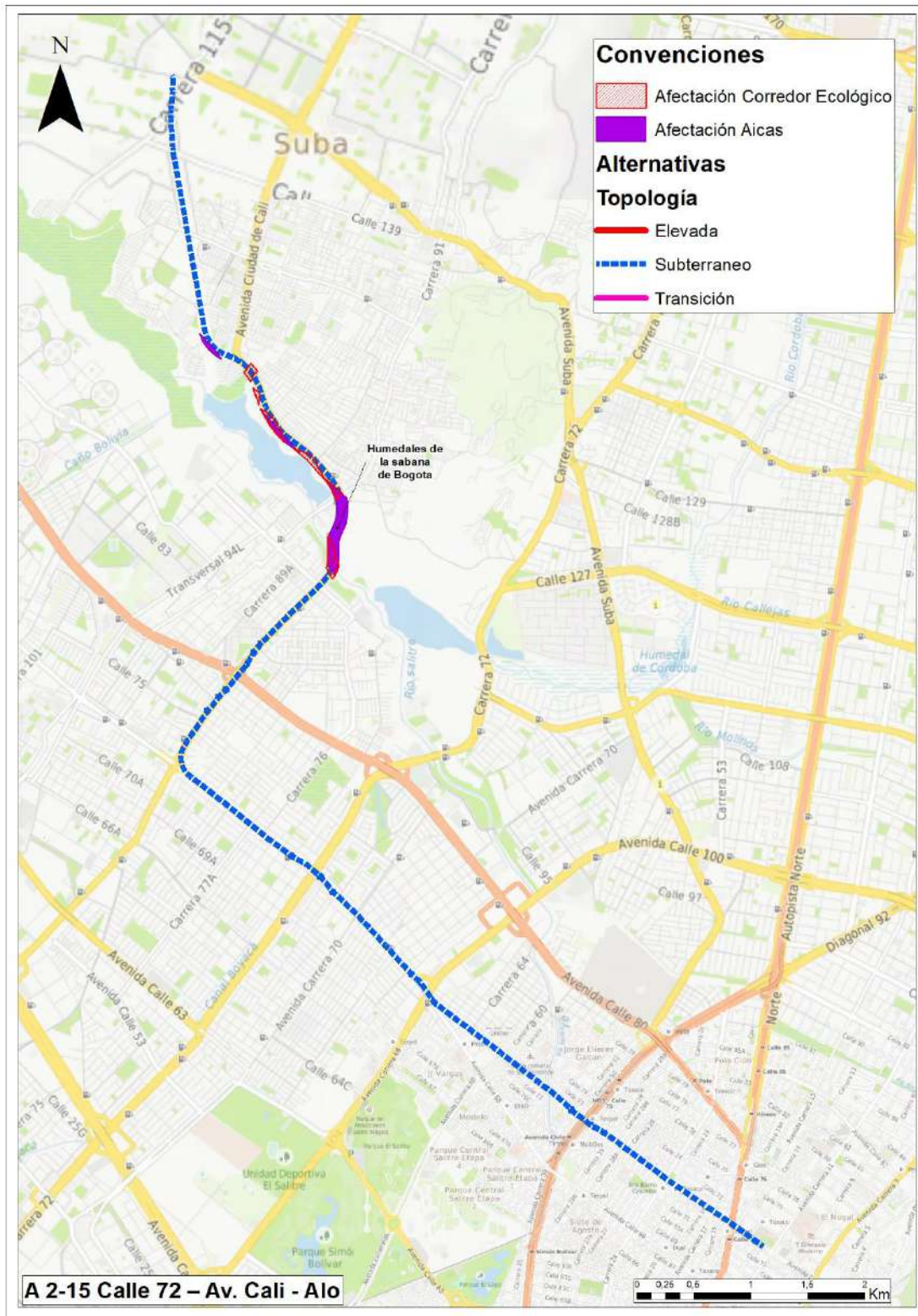
Tabla 4.48 Resultados del indicador Traslape con Zonas de Importancia en Biodiversidad

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Traslape con Zonas de Importancia en Biodiversidad (Ha) |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 17,57 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 17,71 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 17,50 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 17,65 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.97 En la Figura 4.42 se presenta la alternativa con mejor puntuación. Alternativa 2.15. Calle 72 – Av. Cali - Alo (Línea nueva), la cual tiene el menor cruce con zonas de importancia de biodiversidad (17,50 Ha) y por tanto la alternativa con mejor calificación.

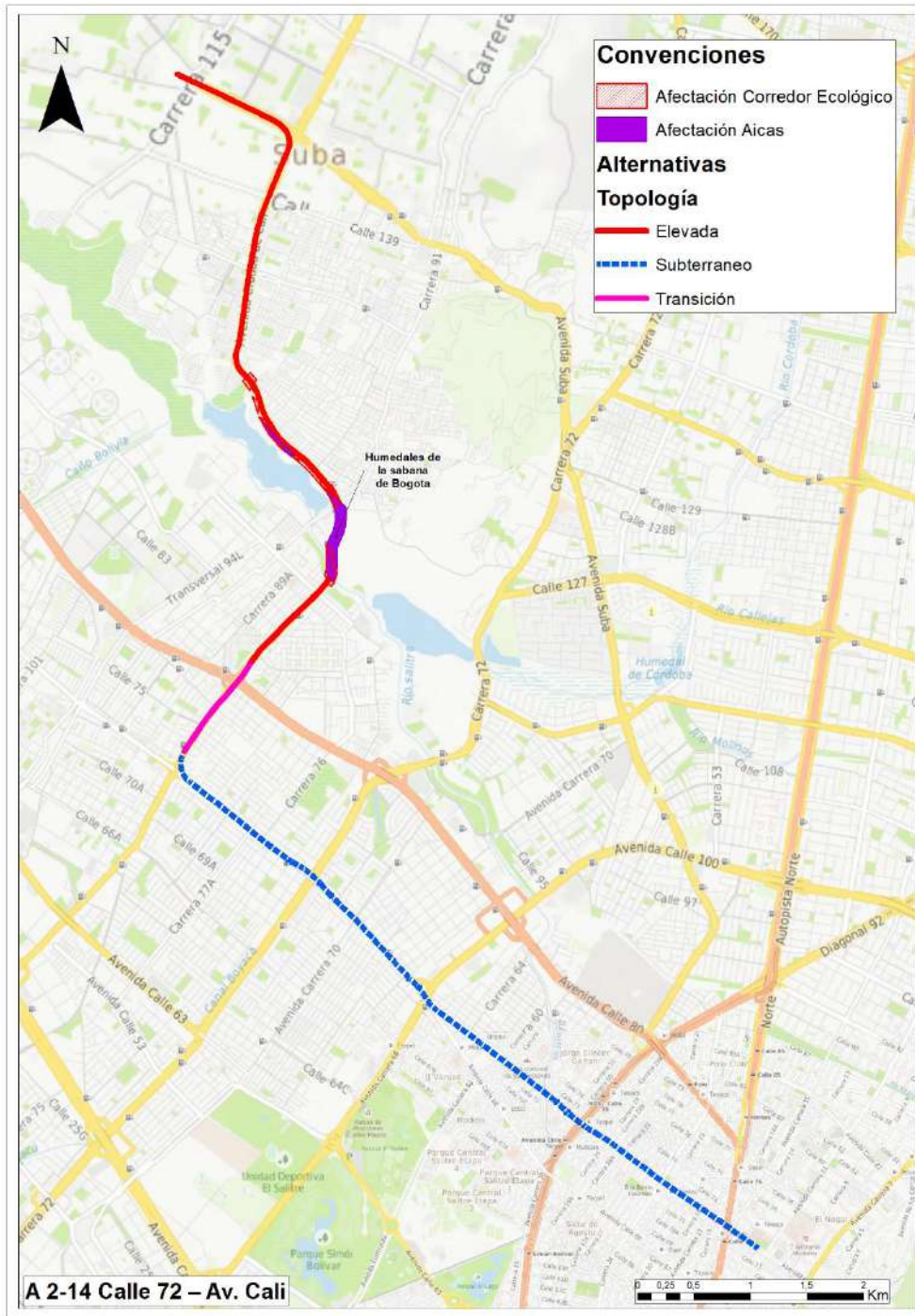
Figura 4.42 Cruce de zonas de importancia de biodiversidad, alternativa 2.15. Calle 72 – Av. Cali - ALO (Línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.98 En la Figura 4.43 se presenta la alternativa con menor puntuación. Alternativa 2.14 Calle 72 – Av. Cali, mixta (Línea nueva), la cual tiene el mayor cruce con zonas de importancia en biodiversidad (17,71 Ha) y por tanto la menor calificación.

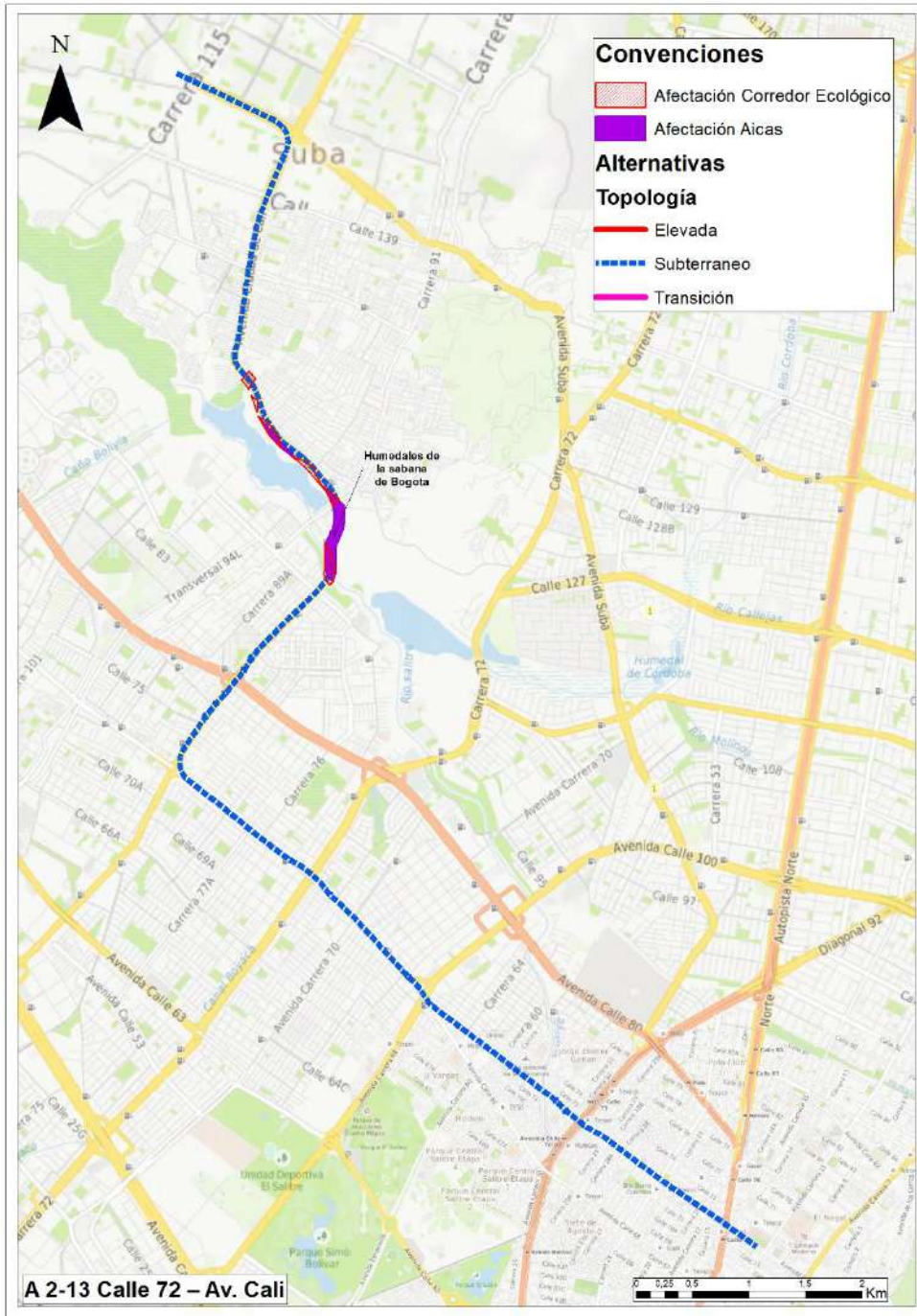
Figura 4.43 Cruce con zonas de importancia en biodiversidad alternativa 2.14. Calle 72 – Av. Cali, mixta (Línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.99 En la Figura 4.44 se presenta el cruce con zonas de importancia en biodiversidad para la alternativa Calle 72 – Av. Cali – subterránea (línea nueva)

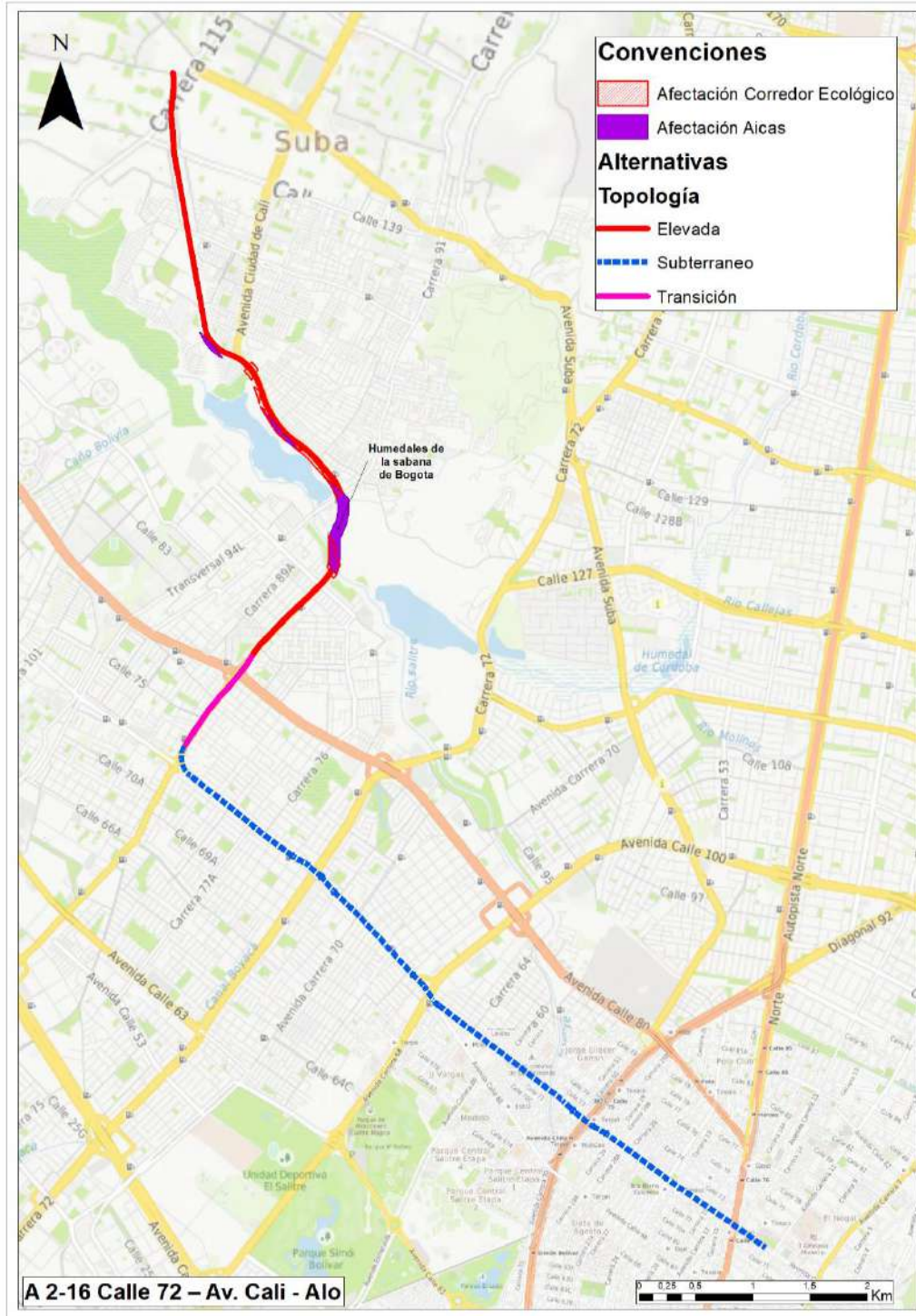
Figura 4.44 Cruce con zonas de importancia en biodiversidad alternativa 2.13. alternativa Calle 72 – Av. Cali – subterránea (línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.100 En la Figura 4.45 se presenta el cruce con zonas de importancia en biodiversidad para la alternativa Calle 72 – Av. Cali - Alo – Mixta (línea nueva)

Figura 4.45 Cruce con zonas de importancia en biodiversidad alternativa 2.16. Calle 72 – Av. Cali - Alo – Mixta (línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.101 Así mismo, se procedió a realizar igualmente la superposición de la capa de arbolado urbano del SIGAU, identificando el número de árboles presentes en cada una de las alternativas con la finalidad de calcular el área de arbolado, se tomó un área promedio para cada árbol de 4m y se multiplicó por el total de árboles, obteniendo el área de arborización la cual se sumó a las áreas generadas en el cruce de las demás capas. En la Tabla 4.49 se presenta el resultado con el listado de árboles presentes en cada una de las alternativas.

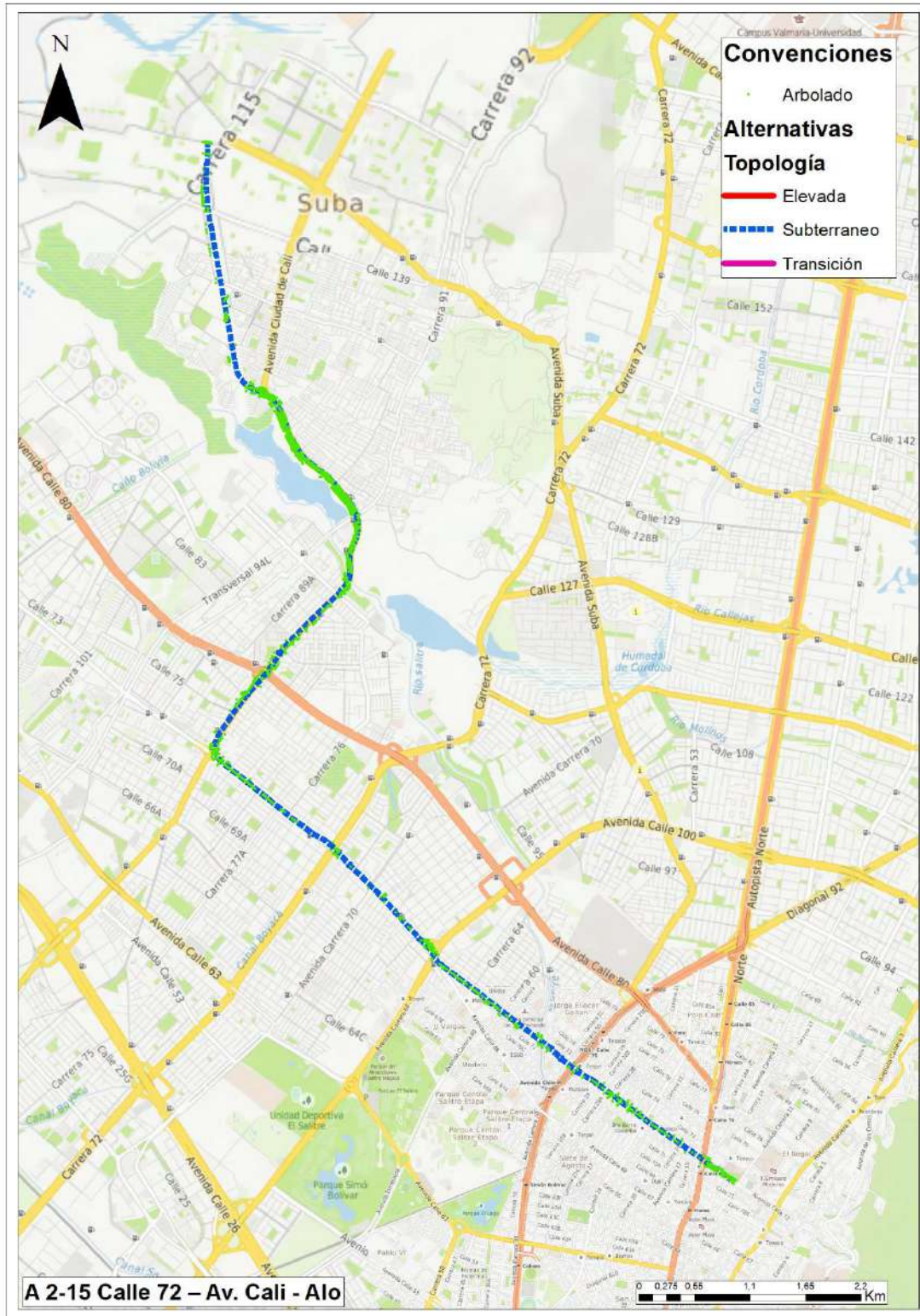
Tabla 4.49 Resultados cruce capa de arbolado urbano

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Arbolado (Un) | Área promedio por cada árbol (m ²) | Área total arbolado (Ha) |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---------------|--|--------------------------|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 5593 | 4 | 2,24 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 5593 | 4 | 2,24 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 3462 | 4 | 1,38 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 3462 | 4 | 1,38 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.102 En la siguiente Figura 4.46 se presenta la alternativa con mejor puntuación, alternativa 2.15 Calle 72 – Av. Cali - Alo - Subterránea (Línea nueva), la cual tiene la menor área de arbolado urbano (1,38 Ha) y por tanto la mejor calificación.

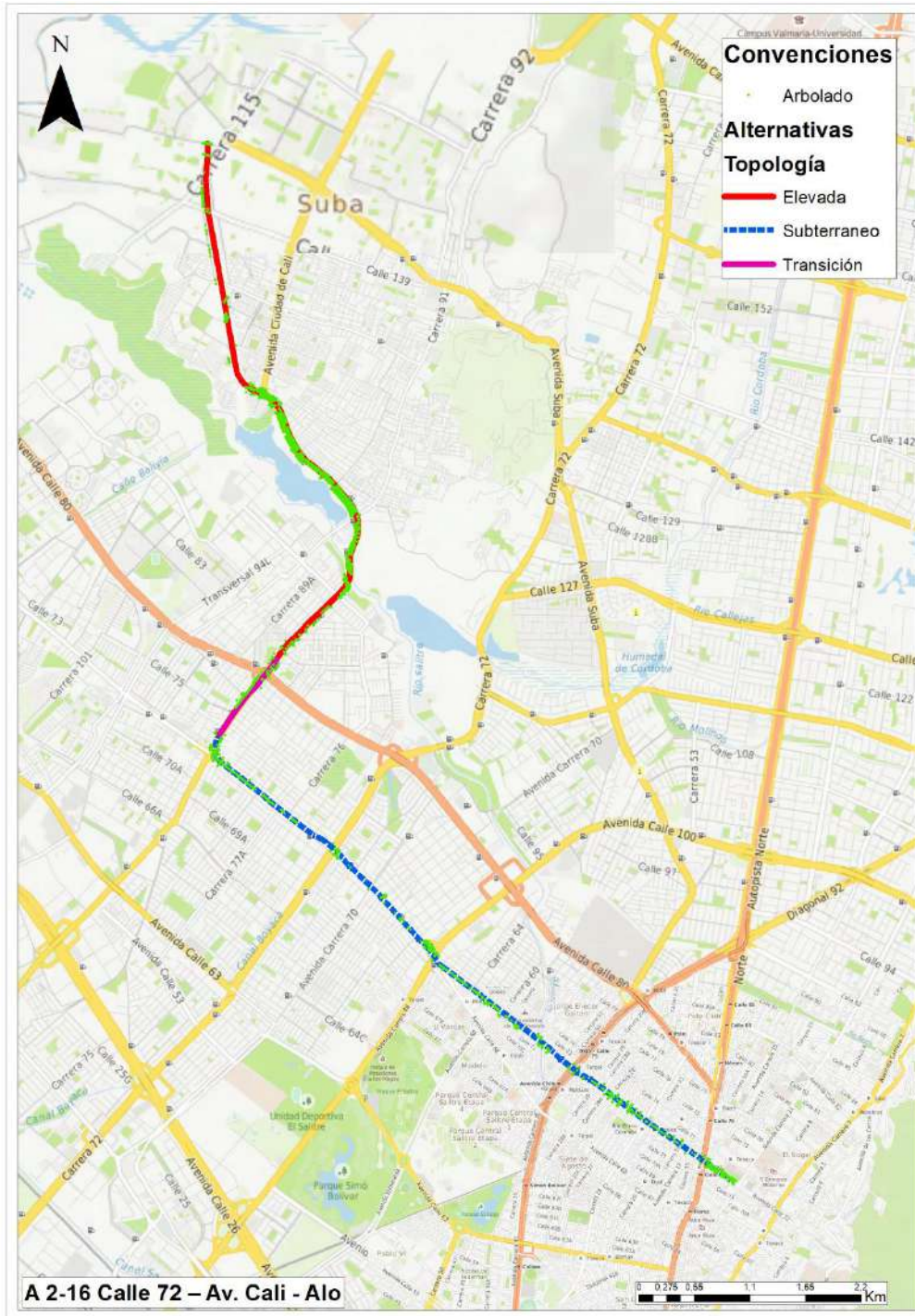
Figura 4.46 Cruce de zonas de importancia de arbolado urbano alternativa 2.15. Calle 72 – Av. Cali - Alo - Subterránea (Línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.103 En la Figura 4.47 se presenta la alternativa con menor puntuación. Alternativa 2.13 Calle 72 – Av. Cali, subterránea (línea nueva), la cual tiene el mayor cruce arbolado urbano (2.24 Ha) y por tanto la menor calificación.

Figura 4.47 Cruce con arbolado urbano alternativa 2.13. Calle 72 – Av. Cali, subterránea (línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Ruido Urbano

- Identificación de receptores sensibles

4.104 Se realizó el cruce de las alternativas con la cartografía de ruido suministrada por la SDA. A continuación, se presentan la calificación del indicador para las (4) alternativas Tabla 4.50.

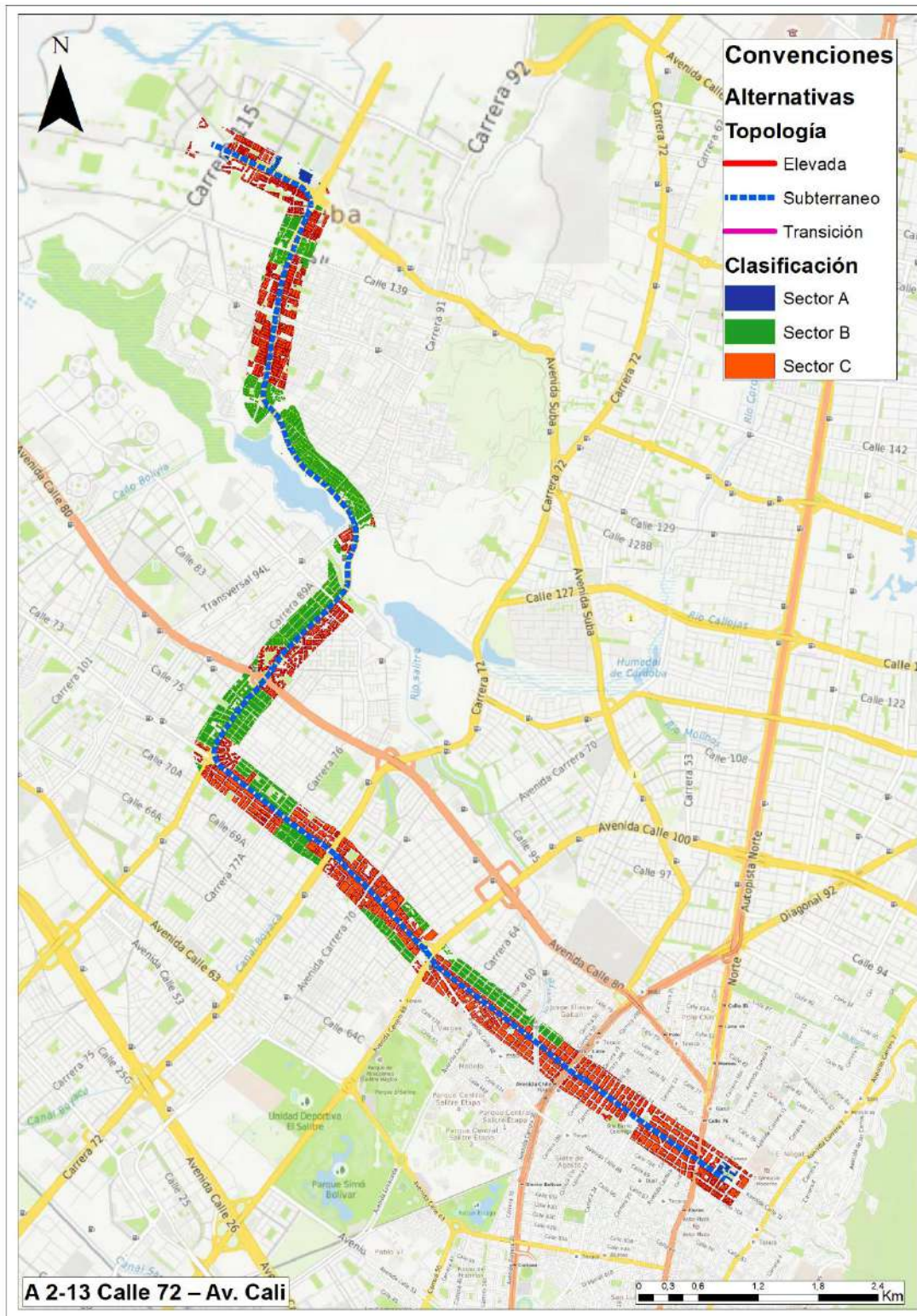
Tabla 4.50 Resultados del indicador Identificación de Receptores Sensibles

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Identificación de Receptores Sensibles |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 1,52 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 1,52 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 1,52 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 1,52 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.105 En la siguiente Figura 4.48 se presenta la alternativa Calle 72 – Av. Cali (Línea nueva)

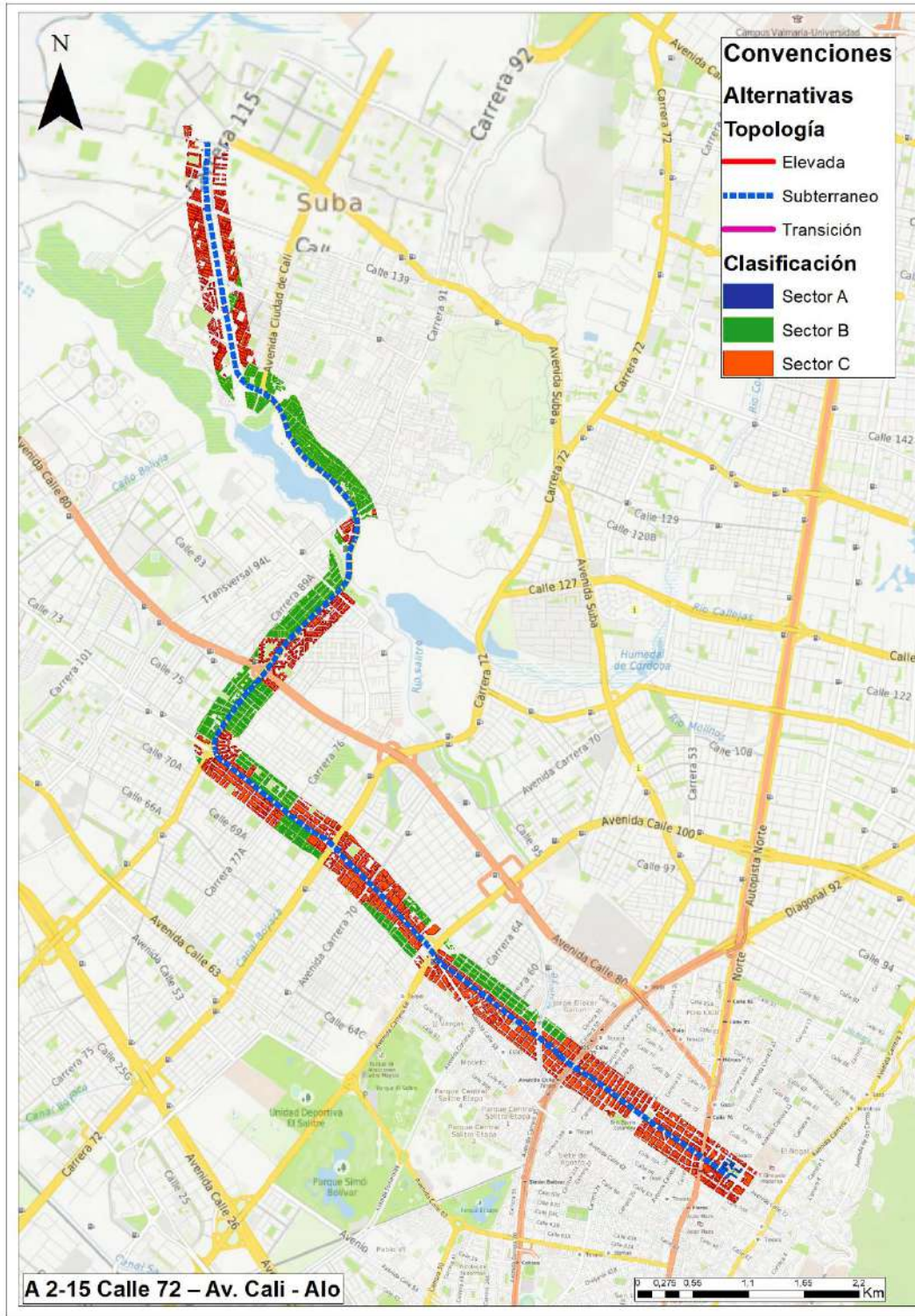
Figura 4.48 Identificación de Receptores Sensibles. Alternativa Calle 72 – Av. Cali (Línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.106 En la Figura 4.49 se presenta la alternativa Calle 72 – Av. Cali – Alo (Línea nueva)

Figura 4.49 Identificación de Receptores Sensibles. Alternativa Calle 72 – Av. Cali – Alo (Línea nueva)



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Componente Proceso Constructivo

Rendimiento

- Tiempo total de construcción

4.107 Inicialmente se identificó la longitud de cada alternativa por método constructivo (elevado y subterráneo) y el número de estaciones en sus diferentes tipologías, y de esta manera poder aplicar los siguientes rendimientos Tabla 4.51:

Tabla 4.51 Rendimientos usados para calculo tiempo de construcción

| Método constructivo | Rendimiento | Unidades | Consideraciones |
|----------------------|-------------|----------|------------------------|
| Tuneladora | 0.3 | km /mes | |
| Túnel cielo abierto | 0.03 | km /mes | 5 frentes |
| Viaducto | 0.35 | km / mes | 5 frentes |
| Estación aérea | 12 | meses | 6 estaciones al tiempo |
| Estación subterránea | 18 | meses | 7 estaciones al tiempo |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 4.108 Con estos rendimientos, se calcula el tiempo estimado de construcción por tipología, contemplando que las alternativas mixtas tienen frentes de obra diferentes, sumado a los trabajos en paralelo de las estaciones. Se totaliza por cada alternativa y se compara entre el tiempo estimado para la construcción de estaciones y de vía férrea, seleccionando la que registra mayor tiempo (ver Anexo C1. Tiempo Total de Construcción) y cuyos resultados se observan en la Tabla “Resultados del indicador Tiempo Total de Construcción”.
- 4.109 Para las soluciones subterráneas se utilizan los rendimientos para tuneladora por considerarla como una alternativa válida para la ejecución de las líneas subterráneas planteadas en las diferentes alternativas.
- 4.110 En la Fase siguiente del presente estudio, se profundizará en el método constructivo para obras subterráneas; con investigación de utilización de métodos constructivos más tradicionales (excavación con explosivos, máquina rozadora de ataque puntual (*roadheader*), o sección dividida) que permitan optimizar el CAPEX y a la vez mejorar los rendimientos.
- 4.111 Se observa que las alternativas elevadas se pueden construir en tiempos más cortos respecto a las alternativas subterráneas, ya que esta última presentan duraciones de construcción superior. Estas cifras deben ser validadas posteriormente, pues no se realizó una secuencialidad de actividades mediante un cronograma GANTT para cada alternativa con vista hacia su optimización. Considerando esto, ciertas diferencias entre alternativas pueden ser disminuidas o aumentadas, pero de forma marginal. Este trabajo será realizado para el “Proyecto de Expansión Priorizado” en Fase 3.
- 4.112 El indicador tiempo total de construcción, como en muchos tiempos de obra de proyectos metro, no es muy sensible al método constructivo, y por eso no es discriminante en la diferenciación de alternativas Tabla 4.52.

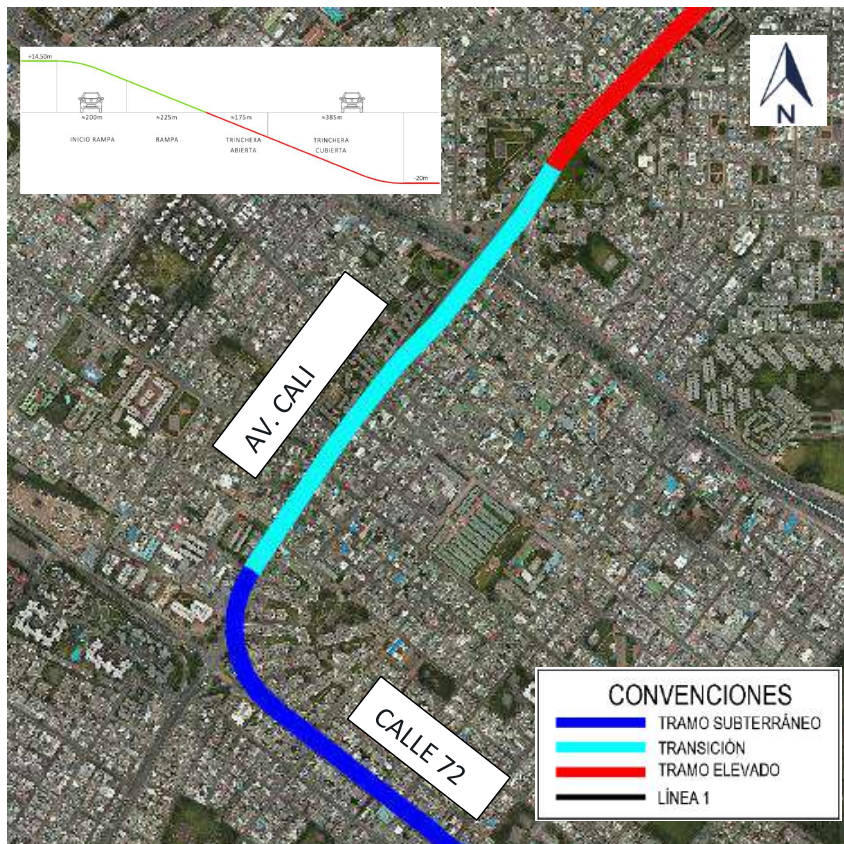
Tabla 4.52 Resultados del indicador Tiempo Total de Construcción

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Tiempo Total de Construcción (Meses) |
|------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|--|
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba | Subterránea | Línea nueva | 48 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba | Mixta | Línea nueva | 41 |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Subterránea | Línea nueva | 46 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Mixta | Línea nueva | 41 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 4.113 De la anterior tabla, se observa que las alternativas mixtas ofrecen el menor periodo de construcción, que corresponde a la duración de las obras subterráneas sobre la calle 72 más el tiempo de construcción de la transición entre la tipología subterránea y elevada.
- 4.114 El tiempo de construcción de los tramos con tipologías elevadas, son menores a la duración de construcción del tramo subterráneo y por la metodología de análisis, la cual contempla paralelismo en el desarrollo de las diferentes tipologías, no se registra mayor duración de las obras a causa del tramo elevado Figura 4.50.

Figura 4.50 Alternativas mixtas. Transición entre sistema constructivo túnel a elevado mediante trincheras



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá.

Daño emergente y lucro cesante

4.115 El indicador mide a la perturbación a vecinos comerciales descrito a continuación:

- Perturbación a vecinos comerciales

4.116 El indicador de perturbación a vecinos comerciales se calculó con cantidad de predios con destinación comercial que se encuentran en la zona de afectación directa (primera manzana) de cada alternativa, información que brinda Catastro Distrital e IDECA sobre el uso del suelo del POT y su relación con la duración del proyecto Tabla 4.53.

Tabla 4.53 Resultados Daño emergente y lucro cesante

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Daño emergente y lucro cesante Unidad (Un 1-5) (< calificación mejor) Perturbación a vecinos comerciales |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--|
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 3.42 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 2.95 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 3.33 |
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 3.00 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Perturbaciones

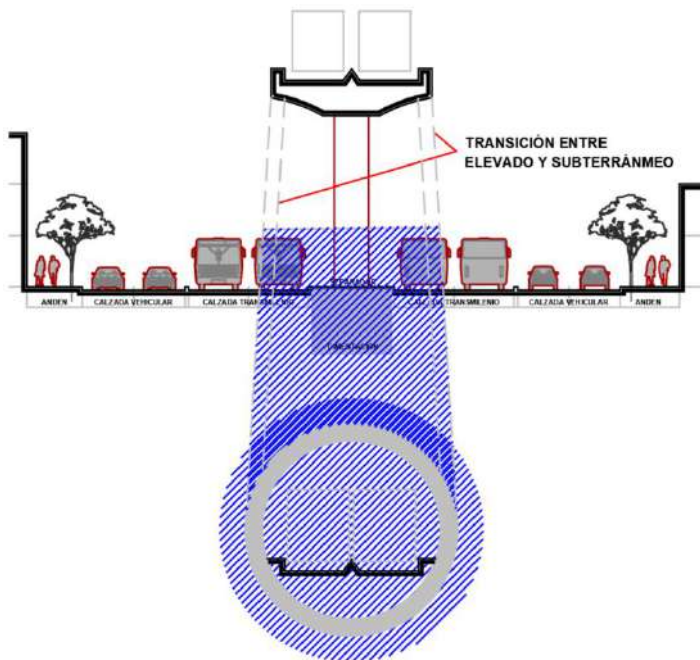
- Perturbación en el tráfico vehicular

4.117 El indicador de perturbación en el tráfico vehicular, refleja el impacto que tiene la construcción de las diferentes tipologías de vía y estaciones del sistema férreo en el tráfico automotor, es así como, se clasifica la afectación en tres tipos de impactos (Viaducto o elevado, trinchera cubierta y túnel).

4.118 A continuación, se describe la calificación realizada:

- **Infraestructura tipo túnel entre pantallas – Nota 2/5:** Las trincheras cubiertas constituyen el tipo de proceso constructivo con mayor impacto sobre el tráfico vehicular durante las obras.

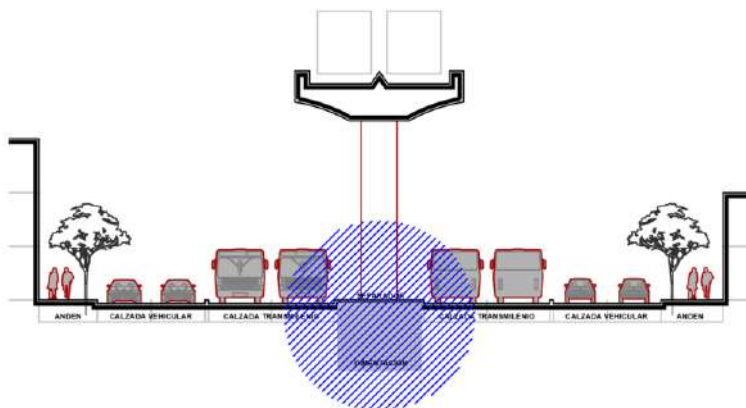
Figura 4.51 Afectación al tráfico sistema constructivo túnel entre pantallas



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá,

- **Infraestructura tipo viaducto – Nota 3/5:** El viaducto presenta un impacto más elevado al tráfico automotor con respecto a la tipología túnel; tal es el caso de las obras de fundaciones o cimentaciones de los apoyos separados alrededor de 30 metros en la tipología elevada, sumado al transporte de los elementos prefabricados que demandan una logística mayor y generan una afectación al tráfico de las zonas aledañas a la construcción vehicular como se muestra en la Figura 4.52.

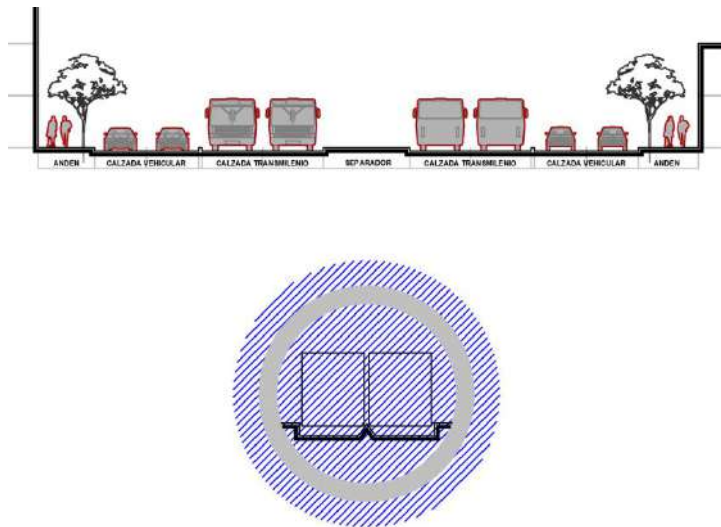
Figura 4.52 Afectación al tráfico sistema constructivo elevado



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá,

- **Infraestructura tipo túnel – Nota 4/5:** Para la tipología túnel, el impacto es menor considerando que la infraestructura se construye debajo de las calzadas vehiculares y tan solo interfiere con el tráfico en las zonas de particulares del túnel como estaciones y pozos de ataque, como se muestra en la Figura 4.53.

Figura 4.53 Afectación al tráfico sistema constructivo túnel



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá,

4.119 Como primera actividad del análisis, se procedió a dividir cada alternativa en tramos entre ejes viales principales. Posterior a esto y considerando las notas de calificación, se asignó un puntaje a cada tramo por afectación lineal, como se muestra en la Tabla 4.54.

Tabla 4.54 Evaluación de vía férrea por tramo de cada alternativa

| TRAMO | CORREDOR | INICIO | FIN | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-------|-------------------|--------------------|-----------------|----|------|----|------|
| 1 | Cl 72 (Av. Chile) | Cr 15 | Av. Caracas | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 2 | Cl 72 (Av. Chile) | Av. Caracas | NQS | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | Cl 72 (Av. Chile) | NQS | Cr 68 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 4 | Cl 72 (Av. Chile) | Cr 68 | Av. Boyacá | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | Cl 72 (Av. Chile) | Av. Boyacá | Av. Cali | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 6 | Av. Cali | Cl 72 | Cl 80 | 4 | 2.40 | 4 | 2.40 |
| 7 | Av. Cali | Cl 80 | Canal Rio Negro | 4 | 3 | 4 | 3 |
| 8 | Av. Cali | Canal Rio Negro | Cr 91 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| 9 | Av. Cali | Av. Rincón - Cr 91 | Cr 104 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| 10 | Av. Cali | Cr 104 | Av Tabor | 4 | 3 | | |
| 11 | Av. Cali | Av. Tabor | Av. Suba | 4 | 3 | | |
| 12 | Av. Cali | Av. Suba | Cl 170 | | | | |
| 13 | Cl 145 | Av. Cali | ALO | 4 | 3 | | |

| TRAMO | CORREDOR | INICIO | FIN | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-------|----------|--------|--------|----|----|----|----|
| 14 | ALO | Cr 104 | CI 132 | | | 4 | 3 |
| 15 | ALO | CI 132 | CI 145 | | | 4 | 3 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá.

- 4.120 Así mismo, se evaluó el impacto al tráfico generado por cada estación planteada, cuyo puntaje muestra en la Tabla 4.55.

Tabla 4.55 Evaluación de estaciones por tramo de cada alternativa

| TRAMO | CORREDOR | INICIO | FIN | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-------|-------------------|--------------------|-----------------|----|----|----|----|
| 1 | CI 72 (Av. Chile) | Cr 15 | Av. Caracas | | | | |
| 2 | CI 72 (Av. Chile) | Av. Caracas | NQS | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | CI 72 (Av. Chile) | NQS | Cr 68 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | CI 72 (Av. Chile) | Cr 68 | Av. Boyacá | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 5 | CI 72 (Av. Chile) | Av. Boyacá | Av. Cali | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | Av. Cali | CI 72 | CI 80 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 7 | Av. Cali | CI 80 | Canal Rio Negro | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 8 | Av. Cali | Canal Rio Negro | Cr 91 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 9 | Av. Cali | Av. Rincón - Cr 91 | Cr 104 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 10 | Av. Cali | Cr 104 | Av Tabor | | | | |
| 11 | Av. Cali | Av. Tabor | Av. Suba | 2 | 3 | | |
| 12 | Av. Cali | Av. Suba | CI 170 | 2 | 3 | | |
| 13 | CI 145 | Av. Cali | ALO | 2 | 3 | | |
| 14 | ALO | Cr 104 | CI 132 | | | 2 | 3 |
| 15 | ALO | CI 132 | CI 145 | | | 2 | 3 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá.

- 4.121 Los puntajes asignados a cada tramo y cada estación se multiplicaron por la longitud de cada tramo, posterior a esto se sumaron por cada alternativa y se dividió por la longitud total de tramos, arrojando como resultado la siguiente validación Tabla 4.56:

Tabla 4.56 Ponderación y evaluación de vía férrea y estaciones por tramo de cada alternativa

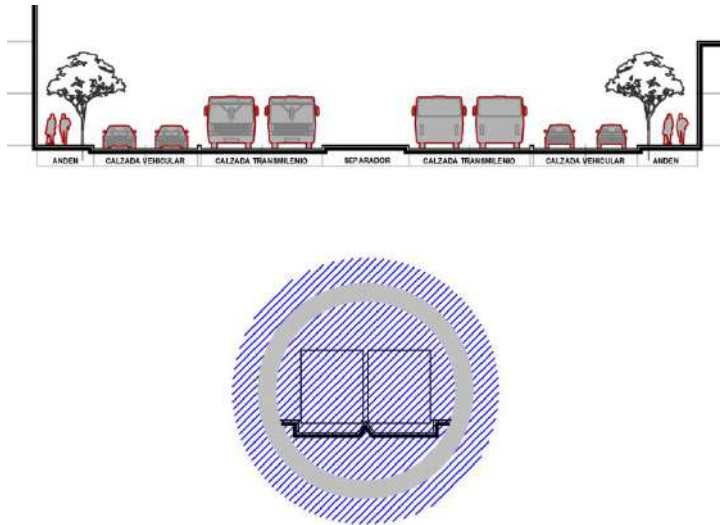
| TRAMO | CORREDOR | INICIO | FIN | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-------|-------------------|-------------|-------------|------|------|------|------|
| 1 | CI 72 (Av. Chile) | Cr 15 | Av. Caracas | 1345 | 1345 | 1345 | 1345 |
| 2 | CI 72 (Av. Chile) | Av. Caracas | NQS | 6595 | 6595 | 6595 | 6595 |
| 3 | CI 72 (Av. Chile) | NQS | Cr 68 | 7467 | 7467 | 7467 | 7467 |
| 4 | CI 72 (Av. Chile) | Cr 68 | Av. Boyacá | 6163 | 6163 | 6163 | 6163 |
| 5 | CI 72 (Av. Chile) | Av. Boyacá | Av. Cali | 6367 | 6367 | 6367 | 6367 |
| 6 | Av. Cali | CI 72 | CI 80 | 3980 | 2510 | 3980 | 2510 |

| TRAMO | CORREDOR | INICIO | FIN | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-------|----------|--------------------|-----------------|------|------|------|------|
| 7 | Av. Cali | Cl 80 | Canal Rio Negro | 5417 | 4288 | 5417 | 4288 |
| 8 | Av. Cali | Canal Rio Negro | Cr 91 | 2664 | 2223 | 2664 | 2223 |
| 9 | Av. Cali | Av. Rincón - Cr 91 | Cr 104 | 6207 | 4880 | 6207 | 4880 |
| 10 | Av. Cali | Cr 104 | Av Tabor | 3661 | 2746 | | |
| 11 | Av. Cali | Av. Tabor | Av. Suba | 5318 | 4214 | | |
| 12 | Av. Cali | Av. Suba | Cl 170 | 300 | 450 | | |
| 13 | Cl 145 | Av. Cali | ALO | 5001 | 3976 | | |
| 14 | ALO | Cr 104 | Cl 132 | | | 5752 | 4539 |
| 15 | ALO | Cl 132 | Cl 145 | | | 5884 | 4638 |
| | | | | 3.79 | 3.34 | 3.80 | 3.35 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá.

4.122 En general, las alternativas con tipología subterránea presentan los mejores indicadores, permitiendo concluir que este sistema constructivo genera la menor afectación al tráfico vehicular. En este orden de ideas, las alternativas 2.13 y 2.15 presentan mejores indicadores, ya que estas se conciben como alternativas subterráneas Figura 4.54.

Figura 4.54 Tipología Subterránea con menor afectación al tráfico vehicular



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá,

Tabla 4.57 Resultados del indicador Perturbación al tráfico vehicular

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Perturbación al tráfico vehicular (Nota entre 2 y 5) |
|------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|--|
| 2.12 | Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba | Subterránea | Línea nueva | 3.79 |

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Perturbación al tráfico vehicular (Nota entre 2 y 5) |
|------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|--|
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba | Mixta | Línea nueva | 3.34 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Subterránea | Línea nueva | 3.80 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Mixta | Línea nueva | 3.35 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Perturbación en la operación del BRT

4.123 Para la calificación del presente indicador se identificó el kilometraje de troncales de TransMilenio existentes y proyectadas en la modelación de escenarios de demanda, afectado por la construcción de la expansión de la línea 2 del metro de Bogotá, tanto de la vía férrea, como de las estaciones.

4.124 Según el tipo de infraestructura realizada, fue determinada una zona de influencia durante las obras (elevado, trinchera cubierta y túnel), donde la tipología elevada y de trinchera cubierta afectan la totalidad de la longitud en la que se comparte el eje vial por ambos sistemas (Metro y BRT), y la tipología túnel solo genera afectación al sistema BRT en las zonas donde se construyen los las estaciones.

4.125 Para el análisis, se identificó los tramos de corredores viales que albergan a la vez o se interceptan los sistemas BRT y metro con tipología elevada, al igual que los tramos donde la localización de las estaciones del sistema metro subterráneo afectan las troncales TransMilenio. Ver Anexo A. Trazado geométrico.

4.126 Es así como, se estiman los metros lineales del total de vías susceptibles de cierre, los cuales se verán afectados de forma inversamente proporcional al rendimiento de la construcción de cada alternativa Tabla 4.58.

Tabla 4.58 Resultados del indicador Perturbación en la Operación del BRT

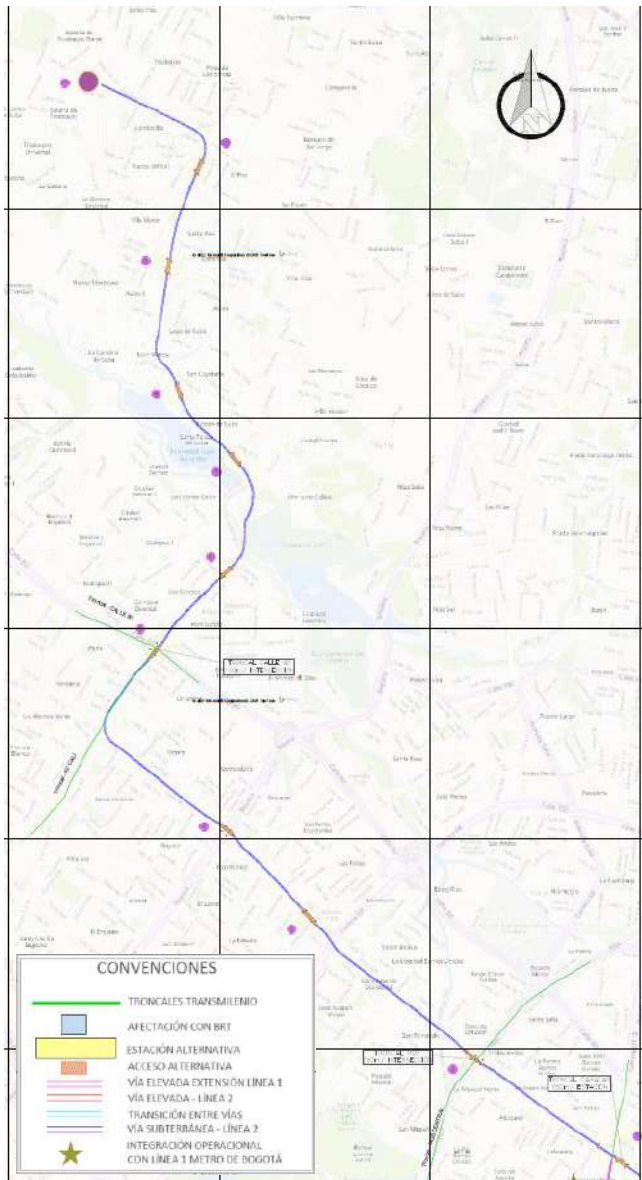
| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Perturbación en la Operación del BRT (Km) |
|------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2.12 | Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba | Subterránea | Línea nueva | 0.45 |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba | Mixta | Línea nueva | 1.22 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Subterránea | Línea nueva | 0.45 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Mixta | Línea nueva | 1.22 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.127 De la anterior información, se evidencia que las alternativas subterráneas, son las que presentan menor afectación dado que solo afecta el sistema BRT en los cruces por las troncales usados por

TransMilenio y en la localización de las estaciones subterráneas Figura 4.55 Interferencia con BRT alternativas subterráneas.

Figura 4.55 Interferencia con BRT alternativas subterráneas



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá

Ruido y vibraciones

4.128 El indicador mide la generación de ruido y vibraciones por la construcción del sistema a las construcciones en inmediaciones del trazado del metro.

- Generación de ruido por la construcción del sistema

4.129 Los niveles de ruido obtenidos en cada una de las alternativas analizadas, se presentan en la Tabla 4.59 encontrando que por los datos utilizados las alternativas repiten un mismo valor promedio para las alternativas que mantienen una misma tipología como son los casos elevados.

Tabla 4.59 Resultados indicador de Ruido por la construcción del sistema

| num. ant | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Ruido y vibraciones |
|----------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--|
| | | | | Unidad (dB) (< dB mejor) Generación de ruido por la construcción del sistema |
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 97.51 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 89.51 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 97.51 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 90.99 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Generación de vibraciones por la construcción del sistema

4.130 Se procedió a determinar el indicador, en donde los predios identificados se afectaron por los coeficientes establecidos en la matriz del año 2016. Arrojando los siguientes resultados Tabla 4.60:

Tabla 4.60 resultados indicador generación de vibraciones por la construcción del sistema

| num. ant | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Ruido y vibraciones |
|----------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--|
| | | | | Unidad (Numero de predios) (< predios mejor) Generación de vibraciones por la construcción del sistema |
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 7666 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 5684 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 5965 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 4950 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Redes

4.131 A continuación, se detalla los resultados para el indicador de redes:

- Interferencias con redes principales

- 4.132 Para la evaluación de las afectaciones sobre redes principales por interferencias con las alternativas propuestas para la expansión de la Primera Línea del Metro de Bogotá, se consideraron los siguientes sistemas de servicios públicos:
- Red Matriz de acueducto.
 - Redes troncales de alcantarillado pluvial y sanitario.
 - Redes eléctricas de alta tensión
 - Redes de gas natural
- 4.133 La metodología empleada para la evaluación de las redes matrices de acueducto, que eventualmente se verían afectadas, se circunscribió al análisis de tuberías de diámetros superiores o iguales a 12". Para el sistema troncal de alcantarillado pluvial, el análisis fue realizado sobre las tuberías de diámetros iguales o mayores a 1 m, incluyendo tramos canalizados y box culvert. Para el sistema de alcantarillado sanitario se contemplaron las tuberías mayores o igual a 0.40 m y todos los boxes culvert intersecados.
- 4.134 Las redes eléctricas consideradas en el análisis incluyeron aquellas con cargas mayores de 57.5 kV y para redes de distribución de gas natural los tramos evaluados fueron aquellas tuberías mayores a 4" de diámetro.
- 4.135 Con el propósito de cuantificar la longitud de tuberías de redes húmedas y secas que serían afectadas en la etapa de construcción, se definieron unos corredores conforme con las tipologías de metro establecidas en las alternativas de expansión de la PLMB. Los tipos de vía y la definición de los anchos de los corredores establecidos para la evaluación se encuentran representados en la siguiente Tabla 4.61

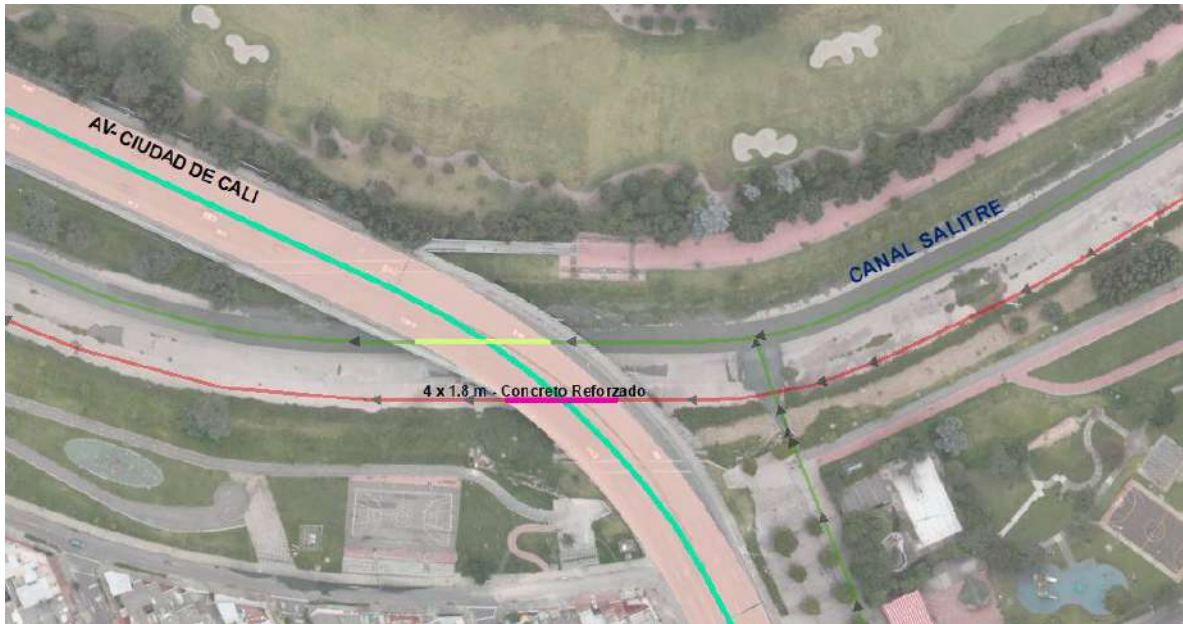
Tabla 4.61 Definición de ancho de corredores de trazado por tipología.

| Tipología | Ancho (m) | Descripción |
|------------------------|-----------|---|
| Subterránea | | No se cuantificaron afectaciones por interferencias de las alternativas y las redes existentes, a excepción de las superposiciones generadas en las estaciones proyectadas para esta tipología. |
| A nivel | 26 | 13 m a lado y lado desde el eje de la alternativa, considerando la protección necesaria para realizar excavaciones. |
| Viaducto o vía elevada | 21 | 10.5 m a lado y lado desde el eje de la alternativa. Se contempla distancias de seguridad de 5 m a lado y lado para la realización de excavaciones. |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 4.136 Partiendo de la definición de los corredores de afectación y de la localización de estaciones proyectadas, se determinaron los tramos de redes que se superponían sobre estas áreas, obteniendo la longitud de las redes comprometidas en la construcción de cada alternativa.
- 4.137 Para ilustrar la metodología de cuantificación de redes afectadas para cada una de las alternativas, en la siguiente figura se muestran algunos tramos intersecados de redes hidrosanitarias para la alternativa 2.16. sobre la Avenida Ciudad de Cali Figura 4.56.

Figura 4.56 Ilustración de tramos intersecados de redes hidrosanitarias para la Alternativa 2.16.



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 4.138 Basado en el resultado de este procedimiento, se estableció un factor de multiplicativo de complejidad en función del tipo de red y del diámetro de la tubería, para incorporar en el indicador, las dificultades que se generarían por relocalización y reordenamiento de los sistemas afectados. Dicho lo anterior, en la Tabla 4.62 se muestran los factores de complejidad definidos para cada red:

Tabla 4.62 Factor de complejidad

| Factor por metro lineal de interferencia identificada | Factor de complejidad |
|---|-----------------------|
| Red matriz de acueducto | |
| Diámetro menor a 16 pulgadas | 1 |
| Diámetro entre 16 y 24 pulgadas | 1,5 |
| Diámetro entre 25 y 40 pulgadas | 2 |
| Diámetro mayor a 40 pulgadas | 3 |
| Red troncal de alcantarillado | |
| Diámetro menor a 60 pulgadas | 1 |
| Diámetro mayor o igual a 60 pulgadas | 2 |
| Redes secas | |
| Otras | 1 |
| Red de alta tensión | 1,5 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 4.139 Finalmente, para la obtención de un valor de afectación total para este indicador, se determinó una longitud ponderada que integrara tanto redes secas y húmedas intersecadas, asignando un peso

de 70% a la longitud determinada para el sistema hidrosanitario y 30% a los sistemas de conexión eléctrica y de distribución de gas natural. Los valores de longitud de redes interferidas para cada alternativa y el valor ponderado de longitud total correspondiente se muestran en la Tabla 4.63:

Tabla 4.63 Resultado del indicador Interferencia de Redes Principales (Ponderación de longitudes de redes secas y húmedas con interferencia por Alternativas)

| Alternativa | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Longitud redes secas (m) | Longitud redes húmedas (m) | Longitud total ponderada (m) |
|-------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 4 194 | 2 192 | 2 793 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 7 492 | 4 245 | 5 219 |
| 2.15 | Calle 72 - Av. Cali - ALO | Subterránea | Línea nueva | 2 582 | 1 038 | 1 501 |
| 2.16 | Calle 72 - Av. Cali - ALO | Mixta | Línea nueva | 4 017 | 4 632 | 4 447 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 4.140 De acuerdo con los resultados obtenidos y la metodología de evaluación, la alternativa que presenta menos interferencias con las redes corresponde a la 2.15 “Calle 72 - Av. Cali - ALO – Subterránea - Línea nueva”, con 2582 ml de redes secas que se podrían ver afectadas y 1038 ml de redes húmedas interferidas, para un valor ponderado de 1501 ml.
- 4.141 Del análisis realizado se encontró que, de las 4 alternativas, la que presento una mayor longitud de redes húmedas interferidas corresponde a la 2.16 “Calle 72 - Av. Cali - ALO – Mixta - Línea nueva” con una longitud de tubería afectada de 4632 ml con interferencias sobre líneas de acueducto de la red matriz tales como la línea Av. Boyacá Tibabuyes de 24” y de la red troncal de alcantarillado pluvial como el colector Av. Ciudad de Cali (Φ1.80 m en la mayor parte se la línea intersecada). Por otra parte, la alternativa con mayor número de redes secas interferidas corresponde a la 2.14; en esta se producen interferencias con aproximadamente 3 km de redes de alta tensión de 115 kV en el tramo de llega al portal suba.

Componente Urbano-Paisajístico

- 4.142 A partir de la definición general de los trazados y localización de estaciones de las cuatro alternativas a analizar (2.13, 2.14, 2.15 y 2.16), se desarrollaron los cálculos correspondientes de los cuatro indicadores del componente urbano paisajístico. En el Anexo D se encuentran los soportes gráficos, tanto de los planos generales de cada una de las alternativas, como de los cálculos de los indicadores utilizados. Así mismo, se encuentra el cuadro general de estaciones por alternativa, en el cual se detallan algunos aspectos por estación, tales como la localización, si tiene o no conexión con otros modos, la tipología arquitectónica y de inserción y algunas observaciones y consideraciones tenidas en cuenta. Es importante resaltar que el ejercicio realizado y presentado en los anexos en mención, corresponde a una localización parcial y diseño

conceptual, y que no cuenta con estudios ni diseños técnicos de ingeniería ni arquitectónicos constructivos.

- 4.143 A continuación, en la Tabla 4.64 se encuentra la tabla general de resultados para los 2 criterios (4 indicadores) y las 4 alternativas analizadas:

Tabla 4.64 Resultados componente urbano-paisajístico

| num. alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Renovación urbana | Renovación urbana | Integración/des-integración urbana | Integración/des-integración urbana |
|----------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---|--|------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | Unidades (m2) | Unidades (m2) | Afectación (ml) totales | % de área construida sobre área libre |
| | | | | Potencial de generación y renovación de Espacio Público | Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios, renovación urbana y DOTS | Proximidad con edificaciones | Impacto visual |
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 59.924 | 93.333 | 2.037,01 | 0,00% |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 61.133 | 86.862 | 2.666,92 | 8,80% |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 86.471 | 73.851 | 1.927,35 | 0,00% |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 82.165 | 86.508 | 2.655,47 | 7,46% |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Criterio renovación urbana

- Indicador potencial de generación y renovación de espacio público

- 4.144 De acuerdo a los resultados obtenidos, las alternativas con mejor desempeño en el indicador de potencial de generación y renovación de espacio público son las alternativas 2.15 y 2.16, correspondientes al trazado Calle 72 – Av. Cali – ALO, debido a que las estaciones localizadas en el corredor de la actual reserva de la ALO, la cual tiene un ancho de entre 90 y 140m, presentan en su entorno de inserción urbana unas áreas importantes de espacio público existente con potencial de ser renovado a partir de la inserción del sistema.
- 4.145 La alternativa 2,15 que corresponde a la tipología subterránea, tiene un mejor desempeño debido a la flexibilidad que presenta la localización de las estaciones subterráneas; mientras que en la alternativa mixta se localizan las estaciones a un costado de las intersecciones, previendo posibles intervenciones a futuro en la infraestructura vehicular, en la alternativa subterránea las estaciones se pueden localizar debajo de las intersecciones viales. Este es el caso diferenciados de la estación de la intersección de la ALO con la calle 132, en la cual en la alternativa 2.15, la localización de la estación en la intersección genera más área de espacio público con potencial de renovación.
- 4.146 En el caso de las alternativas 2.13 y 2.14, correspondientes al trazado Calle 72 – Av. Cali, la alternativa mixta tiene un mejor desempeño, debido al requerimiento de las estaciones elevadas de generar edificaciones laterales de acceso y asociados a éstos, espacios públicos (plazoletas) de acceso. Por su parte, en el tramo diferenciados entre estas dos alternativas, que corresponde al

corredor de la Av. Cali, se encuentra que en dicho corredor, para la localización de puntos de acceso vertical a las estaciones subterráneas, es posible plantear la inserción urbana de dichos accesos verticales en espacio público existente, razón por la cual en estos casos no se generan áreas de espacio público nuevas. Así mismo, la Av. Cali es un corredor consolidado y recientemente renovado, por lo que no se generan áreas de renovación del espacio público existente.

- Indicador potencial de desarrollo de proyectos inmobiliario

- 4.147 De acuerdo a los resultados obtenidos, las alternativas con mejor desempeño en el indicador de potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios son las alternativas 2.13 y 2.14, correspondientes al trazado Calle 72 – Av. Cali, debido a que cuentan con una estación adicional. La estación adicional que tienen estas dos alternativas, se debe a que el trazado tiene localizada la estación No. 10 a la altura del Portal de Suba (Av. Cali con Calle 145), y una estación adicional en la rotonda de la ALO (corredor ALO con Calle 145), de acuerdo a lo estipulado para la localización del nodo de comparación en este punto. Debido a que las áreas con potencial de desarrollo inmobiliario están asociadas a las manzanas adyacentes a las estaciones, éstas alternativas dan como resultado un mejor desempeño.
- 4.148 Los puntos de acceso a las estaciones subterráneas, muestra mejor calificación la alternativa subterránea (2.13), ya que para los puntos de acceso vertical interfiere con un área significativamente menor a comparación de la afectación para las edificaciones laterales propias de acceso a las estaciones elevadas. De esta manera, un mayor porcentaje del área de estas manzanas de los puntos de inserción del sistema se contabilizan como áreas con potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios, mientras que, en el caso de las estaciones elevadas, las edificaciones laterales de acceso ocupan un porcentaje significativamente mayor de la manzana.
- 4.149 Así mismo, en los resultados entre las alternativas 2.15 y 2.16, correspondientes al trazado Calle 72 – Av. Cali – ALO, se obtienen diferencias, teniendo un mejor desempeño la alternativa mixta. Esto, al igual que se observó para el indicador de generación y renovación de espacio público, se debe a los criterios utilizados para la localización preliminar de las estaciones. En el caso de la alternativa mixta, la estación No. 9 (ALO – Calle 132), se localiza hacia el costado norte de la intersección, previendo posibles intervenciones futuras en la infraestructura vial y cruce existente. Por el contrario, en la alternativa subterránea, la estación se localiza debajo de dicha intersección. En el caso de la alternativa subterránea, se localizan únicamente 2 manzanas con potencial de desarrollo inmobiliario en su entorno. Por el contrario, en la localización de esta estación en la alternativa mixta, se encuentran al norte de la intersección más manzanas con potencial de desarrollo inmobiliario (manzanas compuestas por lotes individuales y edificaciones de 1 o 2 pisos en promedio).
- 4.150 Como conclusión de los resultados del criterio de Renovación Urbana, se observa que éstos están sujetos a los siguientes puntos:
- las decisiones de diseño e identificación de manzanas con potencial
 - localización general de estaciones, (existe más flexibilidad en las subterráneas, para localizarlas en intersecciones) e inter-distancia entre las mismas
 - Tamaño de las manzanas en el punto de inserción de las estaciones
 - grado de consolidación actual de dichas manzanas

- espacio público disponible como opción para la localización de accesos a las estaciones, o la carencia del mismo
- de acuerdo a las curvas en el trazado, la localización de las estaciones puede variar de una alternativa a otra, debido a las curvas.

Criterio integración/desintegración urbana

- Indicador proximidad con edificaciones

4.151 De acuerdo a los resultados obtenidos, las alternativas con mejor desempeño en el indicador de proximidad con edificaciones son las alternativas 2.13 y 2.15, correspondientes a las dos alternativas subterráneas, debido a que la metodología de medición castiga más la proximidad de la tipología elevada con las fachadas existentes, que la proximidad de la tipología subterránea con las cimentaciones.

4.152 Con respecto a la diferencia en el resultado obtenido entre las dos alternativas mixtas (2.14 y 2.16), se observa que tiene un mejor desempeño la alternativa del corredor de la ALO, ya que, por su amplia sección, no genera metros lineales contabilizables en este indicador.

- Indicador impacto visual

4.153 Para el indicador de impacto visual, las alternativas con mejor desempeño son las alternativas 2.13 y 2.15, correspondientes a las dos alternativas subterráneas, debido a que en estos casos, la inserción del sistema (túnel y estaciones) no genera aumento en el porcentaje de impacto visual de los corredores analizados.

4.154 Como conclusión de los resultados del criterio de Integración/Desintegración urbana, se observa que tienen un mejor desempeño las alternativas subterráneas, y en cuanto a los corredores analizados, tiene un mejor desempeño en corredor correspondiente al trazado Calle 72 – Av. Cali ALO. En el ejercicio de ponderación final de los resultados de los 2 criterios (4 indicadores) del componente urbano-paisajístico, la alternativa con mejor desempeño es la 2.15 (Calle 72 – Av. Cali – ALO, subterránea) Tabla 4.65.

Tabla 4.65 Resultados componente Integración/Desintegración urbana

| Indicador | Unidades | 2.13 Cali (Subte.) | 2.14 Cali (Mixta) | 2.15 ALO (Subte.) | 2.16 ALO (Mixta) |
|--|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Potencial de generación de Espacio Público | m2 | 59,924.0 | 61,133.0 | 86,471.0 | 82,165.0 |
| Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios | m2 | 93,333.0 | 86,862.0 | 73,851.0 | 86,508.0 |
| Proximidad con edificaciones | Afectación m por Longitud Km | 2,037.0 | 2,667.0 | 1,927.0 | 2,655.0 |
| Impacto visual | % de área construida sobre área libre | 0.0010 | 0.0880 | 0.0010 | 0.0746 |
| EVALUACION CRITERIO | % | 90.0 | 63.8 | 93.7 | 74.1 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Componente Afectación Social

Afectación a comunidades y territorio

- 4.155 A continuación, se presenta el análisis de este criterio compuesto con sus dos indicadores para cada una de las cuatro (4) alternativas finales seleccionadas:
- Afectación a la infraestructura o equipamiento social
- 4.156 **Alternativa 2.13** con un total de 8 equipamientos;
- Dos (2) pertenecen a la categoría 2. Colectivo de Educación,
 - Uno (1) espacio en la categoría 5 que corresponde al colectivo de equipamientos para la Recreación, Deportes y Parques,
 - Dos (2) pertenecen a la categoría 7. Equipamientos para los Cultos Religiosos,
 - Dos (2) equipamientos que representan la categoría 8. Equipamientos para los Servicios de Administración Pública y los Servicios Básicos
 - Uno (1) equipamiento que representan la categoría 9. Seguridad Ciudadana, Defensa y Justicia.
- 4.157 Los equipamientos que pertenecen a las categorías 3, 4, 6, 10 y 11 que representan los colectivos de equipamientos para la salud, el Bienestar Social, el Abastecimiento de Alimentos y Seguridad Alimentaria, Equipamientos para Recintos Feriales y Equipamientos para Cementerios y Servicios Funerarios, respectivamente no se identificaron en esta alternativa.
- 4.158 **Alternativa 2.14** con un total de 12 equipamientos;
- Dos (2) pertenecen a la categoría 2. Colectivo de Educación,
 - Dos (2) equipamientos en la categoría 4. Colectivo de Bienestar Social,
 - Tres (3) pertenece a la categoría 7. Equipamientos para los Cultos Religiosos,
 - Cinco (5) equipamientos que representan la categoría 8. Equipamientos para los Servicios de Administración Pública y los Servicios Básicos,
- 4.159 Los equipamientos que pertenecen a las categorías 3, 5, 6, 9, 10 y 11 que representan los colectivos de equipamientos para la Salud, la Recreación, Deportes y Parques, para el Abastecimiento de Alimentos y Seguridad Alimentaria, para la Seguridad Ciudadana, Defensa y Justicia, Equipamientos para Recintos Feriales y Equipamientos para Cementerios y Servicios Funerarios, respectivamente no se identificaron en esta alternativa.
- 4.160 **Alternativa 2.15** con un total de 6 equipamientos;
- Uno (1) pertenece a la categoría 2. Colectivo de Educación,
 - Uno (1) equipamiento perteneciente a la categoría 5. Colectivo de recreativos, deportivos y parques,
 - Uno (1) pertenece a la categoría 7. Equipamientos para los Cultos Religiosos,
 - Dos (2) equipamientos que representan la categoría 8. Equipamientos para los Servicios de Administración Pública y los Servicios Básicos,
 - Uno (1) equipamiento que representa el colectivo para la seguridad ciudadana, defensa y justicia.

- 4.161 Los equipamientos que pertenecen a las categorías 3, 4, 6, 10 y 11 que representan los colectivos de equipamientos para la Salud, el Bienestar Social, para el Abastecimiento de Alimentos y Seguridad Alimentaria, Equipamientos para Recintos Feriales y Equipamientos para Cementerios y Servicios Funerarios, respectivamente no se identificaron en esta alternativa.
- 4.162 **Alternativa 2.16** con un total de 10 equipamientos;
- Uno (1) equipamiento en la categoría 4. Colectivo de Bienestar Social,
 - Uno (1) equipamiento perteneciente a la categoría 5. Colectivo de recreativos, deportivos y parques,
 - Dos (2) pertenecen a la categoría 7. Equipamientos para los Cultos Religiosos,
 - Seis (6) equipamientos que representan la categoría 8. Equipamientos para los Servicios de Administración Pública y los Servicios Básicos.
- 4.163 Los equipamientos que pertenecen a las categorías 2, 3, 6, 9, 10 y 11 que representan los colectivos de equipamientos para la educación, la Salud, para el Abastecimiento de Alimentos y Seguridad Alimentaria, para la Seguridad Ciudadana, Defensa y Justicia, Equipamientos para Recintos Feriales y Equipamientos para Cementerios y Servicios Funerarios, respectivamente no se identificaron en esta alternativa.
- 4.164 Es así que las categorías representadas en la investigación y análisis elaborado para la evaluación del indicador “*Afectación a la infraestructura o equipamiento social*” del Componente Afectación Social en la Matriz Multicriterio para las cuatro (4) alternativas finales, permitió identificar el total de equipamientos por cada una de las categorías, así:
- Categoría 2 - Equipamientos para la Educación, un total de tres (3) equipamientos,
 - Categoría 4 - Equipamientos para Bienestar Social, un total de dos (2) equipamientos,
 - Categoría 5 - Equipamientos para la Recreación, Deportes y Parques, un total de dos (2) equipamientos,
 - Categoría 7 - Equipamiento para Cultos Religiosos, un total de cuatro (4) equipamientos,
 - Categoría 8 - Equipamientos para Servicios de Administración Pública y Servicios Básicos, un total de siete (7) equipamientos,
 - Categoría 9 - Equipamiento para la Seguridad Ciudadana, Defensa y Justicia, un total de uno (1) equipamiento.
 - Los equipamientos que pertenecen a las categorías 3, 6, 10 y 11 que representan los colectivos de equipamientos para la Salud, el Abastecimiento de Alimentos y Seguridad Alimentaria, Equipamientos para Recintos Feriales y Equipamientos para Cementerios y Servicios Funerarios, respectivamente no se identificaron en ninguna de las cuatro (4) alternativas analizadas y evaluadas de la fase II. **Ver Anexo E** Componente Afectación Social.
- 4.165 Se precisa *que*, para efectos de la presente evaluación, fue necesario replantear el número de equipamientos que conforman cada uno de los indicadores del Componente de Afectación Social, en razón a que de las últimas cuatro (4) alternativas analizadas inicialmente fue necesario sustraer la información referida a la expansión desde el Portal Suba de Transmilenio hasta la Reserva Thomas Van der Hammen y adicionar la información generada por las alternativas 2.13 y 2.14 las cuales presentan trazados desde el Portal Suba de Transmilenio hasta la glorieta de la Avenida

Longitudinal de Occidente - ALO, sobre la Calle 145 y que finalizará en el patio taller, que estará ubicado a futuro en el predio colindante con el Río Bogotá y por otro lado se adicionó la información arrojada por las alternativas 2.15 y 2.16 las cuales igualmente finalizan en el mismo lugar de las alternativas 2.13 y 2.14.

- 4.166 Los equipamientos de la categoría 1. Equipamientos para la Cultura (Bienes de Interés Cultural y Patrimonial del ámbito Nacional y Distrital) contenidos en el resumen antes mencionado, si bien están cuantificados, no se toman para la base del indicador *“Afectación a la infraestructura o equipamiento social”*, toda vez que ellos se referencian en el indicador *“Afectación de zonas con valor patrimonial o comunal”*. Por otro lado, para el análisis de las cuatro (4) alternativas finales se precisa que de las once (11) categorías para los colectivos de equipamientos que presenta la Secretaria Distrital de Planeación para el Distrito Capital, se identificaron equipamientos que pertenecen a siete (7) de las categorías desarrolladas en el Sistema de Equipamientos, en razón a que las categorías 3, 6, 10 y 11 no evidencian la presencia de equipamientos de estas categorías en ninguna de las cuatro (4) alternativas analizadas y evaluadas.
- 4.167 Es de anotar que las afectaciones a estos equipamientos serán menores, toda vez que el trazado se realizó en corredores en donde existe vía, los cuales cuentan con los espacios suficientes denominados franjas de protección de vía, franjas de protección ambiental, espacio público acorde con las especificaciones técnicas determinadas por cada proyecto.
- 4.168 Para las alternativas que presentan trazado subterráneo, solo se adoptaron los equipamientos sociales comunitarios que están ubicados en las áreas de interferencia referidas a las estaciones.
- 4.169 En cuanto a los impactos o afectaciones a equipamientos sociales comunitarios de presentarse, se evidenciarán en fachadas, antejardines, andenes particularmente. De presentarse otras afectaciones mayores se debe proceder a conciliar con las Juntas de Acción Comunal en principio, toda vez que los equipamientos sociales comunitarios en la mayoría de los casos están bajo la protección de estas organizaciones y otras se encuentran bajo la responsabilidad de la administración distrital. Se sugiere evitar impactar la cobertura de atención comunitaria que brinda cada equipamiento y los servicios de cada colectivo.
- 4.170 En cuanto a los impactos de orden social, se debe minimizar a partir de brindar información permanente a las comunidades, conciliar con ellas para evitar las vías de hecho, que habitualmente es lo que mayormente perjudica el avance de los procesos constructivos, incidiendo en el incremento en los tiempos de construcción y elevando los costos respecto de los inicialmente propuestos.
- 4.171 Por otro lado, es importante mencionar que los riesgos asociados al componente de afectación social, están referidos básicamente a la alteración que pueden llegar a presentar los equipamientos sociales relacionados con los servicios que presta a la ciudadanía de cada sector y se reflejará en la cobertura poblacional de los mismos Tabla 4.66.

Tabla 4.66 Resultados del indicador Afectación a la infraestructura o equipamiento social

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Afectación a la infraestructura o equipamiento social |
|------|-----------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2.13 | Calle 72–Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 8 |
| 2.14 | Calle 72–Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 12 |
| 2.15 | Calle 72–Av. Cali-ALO | Subterránea | Línea nueva | 6 |
| 2.16 | Calle 72–Av. Cali-ALO | Mixta | Línea nueva | 10 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Afectación de zonas con valor patrimonial o comunal

- 4.172 En el trazado que presentan las cuatro (4) alternativas últimas definidas para fase 2 de este entregable, no se identificaron equipamientos que corresponden al colectivo de Equipamientos para la Cultura.
- 4.173 Los equipamientos con valor patrimonial o cultural identificados corresponden a inmuebles de Interés Cultural, de acuerdo con los lineamientos definidos como patrimonio en Bogotá D.C. El patrimonio construido está conformado por los Bienes de Interés Cultural, los cuales están constituidos por: sectores, inmuebles, elementos del espacio público, caminos históricos y bienes arqueológicos que tengan un interés histórico, artístico, arquitectónico y urbanístico. Estos se dividen en dos grupos, los sectores de Interés Cultural y los inmuebles de Interés Cultural.
- 4.174 En este entendido, no se identificaron equipamientos referidos a Bienes de Interés Cultural – BIC del ámbito nacional como tampoco BIC del ámbito distrital, que a futuro se puedan ver impactados o involucrados por procesos constructivos en la construcción de la extensión de la primera línea del metro de Bogotá T1.
- 4.175 La tabla 4.35 permite identificar el total de equipamientos con valor patrimonial o cultural identificados en cada una de las cuatro (4) alternativas propuestas Tabla 4.67

Tabla 4.67 Resultados del indicador Afectación a zonas con valor patrimonial o cultural

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Afectación a zonas con valor patrimonial o cultural |
|------|-----------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2.13 | Calle 72–Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 0 |
| 2.14 | Calle 72–Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 0 |
| 2.15 | Calle 72–Av. Cali-ALO | Subterránea | Línea nueva | 0 |
| 2.16 | Calle 72–Av. Cali-ALO | Mixta | Línea nueva | 0 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Componente beneficios sociales

4.176 Para la evaluación del componente de beneficios sociales, los cortes temporales utilizados en esta evaluación son 2030 y 2050, siguiendo la metodología de la Fase 2 de la Consultoría. En la siguiente figura se muestran los proyectos incluidos en cada una de las ofertas y las prospectivas fueron indicadas al inicio del presente documento:

Tabla 4.68 Listado de proyectos de transporte público para cada oferta del análisis

| 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. Circunavalr 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 Américas 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. Calle 80 • 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, 2021

4.177 Los resultados de beneficios sociales Tabla 5.92 indican que la mejor alternativa es la Calle 72 – Av. Cali Subterránea. Es preciso indicar que, para la evaluación multicriterio completa, se calcularon nuevamente los indicadores, teniendo en cuenta que se modificó la oferta 2 y oferta 3, eliminando el tramo norte de la Troncal Av. Cali desde la Calle 80 hasta el Portal de Suba. Esto supone un cambio en los resultados presentados en el subcapítulo anterior, en donde la Alternativa de la Calle 72 – Av. Cali – ALO mostraba mejores cifras. No obstante, lo anterior, las diferencias son mínimas.

4.178 A continuación, se muestran los resultados, para cada uno de los indicadores, para las ofertas conservadora y optimista.

Tabla 4.69 Resultados beneficios sociales – oferta conservadora

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Pasajeros transportados (Pas/HPAM) | Ahorros en tiempo (mins/HPAM) | Facilidad de conexión |
|------|-----------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 2.13 | Calle 72–Av. Cali | Subterránea | 57,083 | 1,142,815 | 69,661 |
| 2.14 | Calle 72–Av. Cali | Mixta | 53,804 | 1,053,491 | 65,990 |
| 2.15 | Calle 72–Av. Cali-ALO | Subterránea | 54,900 | 1,120,142 | 67,288 |
| 2.16 | Calle 72–Av. Cali-ALO | Mixta | 51,568 | 1,031,744 | 63,533 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Tabla 4.70 Resultados beneficios sociales – oferta optimista

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Pasajeros transportados (Pas/HPAM) | Ahorros en tiempo (mins/HPAM) | Facilidad de conexión |
|------|-----------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 2.13 | Calle 72–Av. Cali | Subterránea | 55,189 | 1,074,773 | 66,973 |
| 2.14 | Calle 72–Av. Cali | Mixta | 50,479 | 957,040 | 62,910 |
| 2.15 | Calle 72–Av. Cali-ALO | Subterránea | 52,548 | 1,047,908 | 64,168 |
| 2.16 | Calle 72–Av. Cali-ALO | Mixta | 48.163 | 938,426 | 60,313 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Componente Financiero

Costos de inversión proyecto Metro (con predios) para las cuatro alternativas

- 4.179 Partiendo de la base que la alternativa de mejor desempeño fue la CII 72 – Av. Cali, se procedió a evaluar dos alternativas nuevas que se denominaron 2.15 - Av. Cali - CII 72 – ALO Subterránea y 2.16 - Av. Cali - CII 72 – ALO Mixta, junto con las alternativas ya existentes correspondientes 2.13 Calle 72 – Av. Cali Subterránea y 2.14 Calle 72 – Av. Cali Mixta. Para estas dos últimas alternativas se incluyó una estación adicional que se genera, teniendo en cuenta que todas llegan hasta el nodo en común. Como resultado del anterior ejercicio se obtuvieron los siguientes indicadores para cada una de las alternativas Tabla 4.71:

Tabla 4.71 Costo estimado de las alternativas

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Vr, total (millones de COP) | Indicador con predios (\$/km) (millones de COP) |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|---|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | \$12.608.638 | \$ 881.936 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | \$10.991.286 | \$ 768.807 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Subterránea | Línea nueva | \$11.893.412 | \$ 867.471 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Mixta | Línea nueva | \$10.474.889 | \$ 764.008 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Patio Taller

- 4.180 Es así como para la estimación del costo del Patio taller para cada una de las alternativas evaluadas se tuvo en cuenta, en donde se requería, el valor de la línea y las estaciones adicionales desde el nodo en común hasta el Patio taller, las obras de traslado y adecuación del Portal de Transmilenio provisional, algunas obras de mitigación de riesgos de inundaciones y la adquisición predial.
- 4.181 Para estimar el costo de la línea adicional, se tuvo en cuenta la longitud desde el nodo en común hasta el Patio taller para la alternativa 2 correspondiente al polígono del Predio de Cota y para la alternativa 4 del polígono del Predio Fontanar del Río. Para la alternativa 1 correspondiente al polígono del Portal Suba y la alternativa 3 correspondiente al polígono Predio ALO – Gaitana, no se considera ninguna longitud adicional de línea para llegar al Patio taller, dado que se encuentran dentro del trazado inicial.
- 4.182 De igual manera, se incluyeron las estaciones adicionales que se generan desde el nodo en común hasta cada una de las alternativas de Patio taller. En ese sentido, para el polígono del Predio de Cota son dos estaciones adicionales y para el polígono de Predio Fontanar del Río una estación.
- 4.183 Además, dado que en el polígono del Predio del Portal Suba actualmente se encuentra ubicado el Portal y Patio de Transmilenio y el SuperCADE, se consideró que se deben trasladar y adecuar en otro lugar para su funcionamiento provisional, mientras se construye el Patio taller del Metro y el nuevo Portal de Suba.
- 4.184 Por estar al lado del Río Bogotá, los Polígonos del predio de Cota y Fontanar del Río se encuentran en zonas inundables, por este motivo se tuvieron en cuenta algunas obras de mitigación de riesgos de inundaciones para estas alternativas. Adicionalmente, se estimó la construcción de un puente vehicular para el Polígono del predio de Cota para poder cruzar al otro lado del Río Bogotá.
- 4.185 De igual manera, se actualizó la cantidad y el valor de la adquisición predial, tomando en principio la valoración realizada por el Consultor con los valores de referencia dados por la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital - UAECD en su repositorio de datos abiertos (Mapas Bogotá). Cuando se tenga la información faltante que debe suministrar la EMB, se actualizarán estos costos.
- 4.186 De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se estimó el valor del Patio taller para cada una de las cuatro alternativas. En este valor está incluido, como se dijo anteriormente, el tramo de línea adicional y las estaciones adicionales que se deben construir (en las alternativas que aplica) para llegar hasta el patio taller. En la Tabla 4.72 que se presenta a continuación, están los resultados obtenidos:

Tabla 4.72 Costo estimado de las alternativas de Patio taller

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Vr, total (millones de COP) |
|------|--------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1 | Predio Portal Suba | Subterránea | \$ 1.126.105 |

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Vr, total (millones de COP) |
|------|--------------------------|--------------------|-----------------------------|
| | | Mixta | \$ 1.126.105 |
| 2 | Predio Municipio de Cota | Subterránea | \$ 2.102.018 |
| | | Mixta | \$ 1.501.316 |
| 3 | Predio ALO-Gaitana | Subterránea | \$ 704.883 |
| | | Mixta | \$ 704.883 |
| 4 | Predio Fontanar del río | Subterránea | \$ 1.460.338 |
| | | Mixta | \$ 1.139.548 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021 nota: los costos para las opciones 1 y 3 no contemplan línea de metro adicional.

- Costos de inversión proyecto Metro (con predios) para las cuatro alternativas con el Patio taller seleccionado

4.187 Teniendo en cuenta que la alternativa con mejor desempeño para la ubicación del Patio taller fue el Polígono del predio Fontanar del Río, se procedió a actualizar este valor en el CAPEX de las cuatro alternativas de trazado 2.13 Calle 72 – Av. Cali Subterránea, 2.14 Calle 72 – Av. Cali Mixta, 2.15 - Av. Cali - Cll 72 – ALO Subterránea y 2.16 - Av. Cali - Cll 72 – ALO Mixta, obteniendo los siguientes costos totales por alternativa Tabla 4.73:

Tabla 4.73 Costo estimado de las alternativas con el Patio taller ubicado en el Polígono Fontanar del Río

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Vr, total (millones de COP) |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | \$13.714.787 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | \$11.776.644 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Subterránea | Línea nueva | \$12.999.560 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Mixta | Línea nueva | \$11.260.247 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Costos de operación y mantenimiento

4.188 A continuación, se presenta el costo de operación adicional dividido por los abordajes adicionales, en una hora pico para cada alternativa. Este indicador permite una mejor visión del desempeño de cada alternativa en términos de OPEX normalizado por los beneficios de transporte Tabla 4.74.

Tabla 4.74 Indicador OPEX en función de los abordajes en una hora pico

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Costos Unidades (Us por pasajero adicional/hora pico) Costos de operación y mantenimiento |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 0.30 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 0.29 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 0.31 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 0.30 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Componente Riesgo

Riesgo geotécnico y sísmico

- Riesgo de Subsistencia, derrumbes o afectación a estructuras

4.189 La Tabla 4.75 indica los resultados para el subindicador en mención.

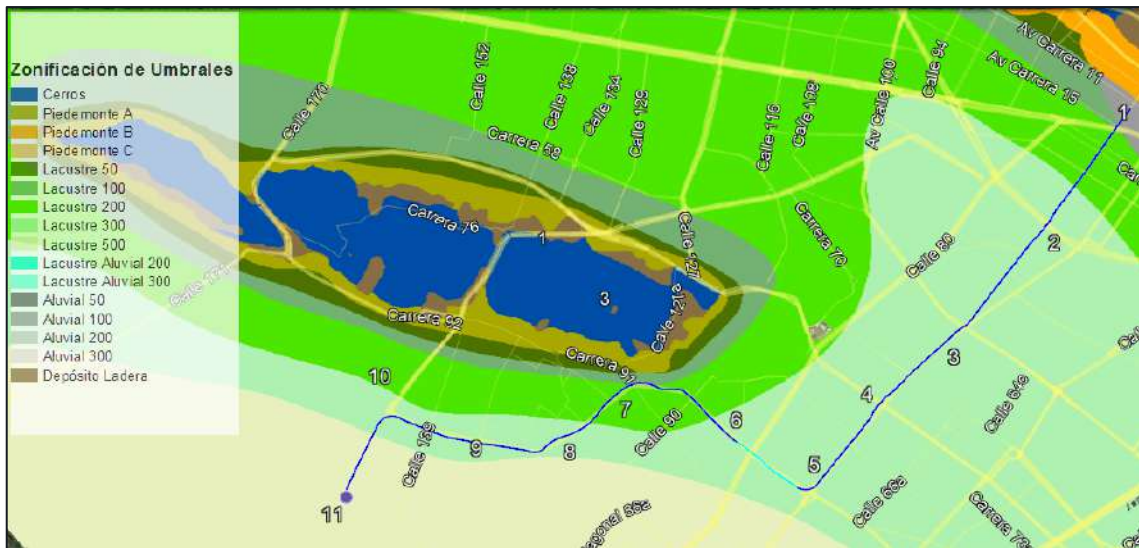
Tabla 4.75 Resultados indicador Riesgo de Subsistencias (Puntaje ponderado)

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Riesgo de subsistencia |
|------|-----------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 2.13 | Calle 72–Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 3.00 |
| 2.14 | Calle 72–Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 3.40 |
| 2.15 | Calle 72–Av. Cali–ALO | Subterránea | Línea nueva | 3.00 |
| 2.16 | Calle 72–Av. Cali–ALO | Mixta | Línea nueva | 3.37 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.190 Para la evaluación de incidencia ante amenaza sísmica se recurrió a la zonificación planteada en la Microzonificación Sísmica de Bogotá (Decreto 523 de 2010), los cuales se adjudicaron las respectivas calificaciones para cada tramo de zona de amenaza sísmica característica. La Figura 4.57 Zonas de amenaza sísmica aferentes a las alternativas 2.13 y 2.14 y la Figura 4.58 Zonas de amenaza sísmica aferentes a las alternativas 2.15 y 2.16 muestran los alineamientos de las alternativas de trazado de proyecto enmarcados gráficamente en el contexto de cartografía de zonificación ante amenaza sísmica.

Figura 4.57 Zonas de amenaza sísmica aferentes a las alternativas 2.13 y 2.14



Fuente: Decreto 523 de 2010, Google Earth

Figura 4.58 Zonas de amenaza sísmica aferentes a las alternativas 2.15 y 2.16



Fuente: Decreto 523 de 2010, Google Earth

4.191 La calificación ponderada del subindicador para cada alternativa se presenta en la Tabla 4.76

Tabla 4.76 Resultados del indicador Riesgo derrumbes o afectación a estructuras (Puntaje ponderado)

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Riesgo derrumbes o afectación a estructuras |
|------|-------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2.13 | Calle 72–Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 4.00 |
| 2.14 | Calle 72–Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 4.00 |

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Riesgo derrumbes o afectación a estructuras |
|------|-----------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2.15 | Calle 72–Av. Cali–ALO | Subterránea | Línea nueva | 4.00 |
| 2.16 | Calle 72–Av. Cali–ALO | Mixta | Línea nueva | 4.00 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 4.192 El indicador de riesgo definitivo para cada alternativa se establece promediando los resultados de los dos subindicadores, otorgando los valores mostrados en la Tabla 4.77.

Tabla 4.77 Valores de indicador Riesgo subsidencias, derrumbes o afectación a estructuras (Promedio)

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Riesgo geotécnico y sísmico Unidad (Unidades 3-5) (> Unidad mejor) Riesgo de Subsistencia, derrumbes o afectación a estructuras |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 3.50 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 3.70 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 3.50 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 3.69 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Riesgo Ambiental

- Riesgo de afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros

- 4.193 Para la medición del presente indicador, se realizó la superposición con los mapas de inundación y remoción en masa. En la siguiente tabla se presentan las longitudes de riesgo de vulnerabilidad a fenómenos naturales que cruzan cada una de las alternativas seleccionadas Tabla 4.78:

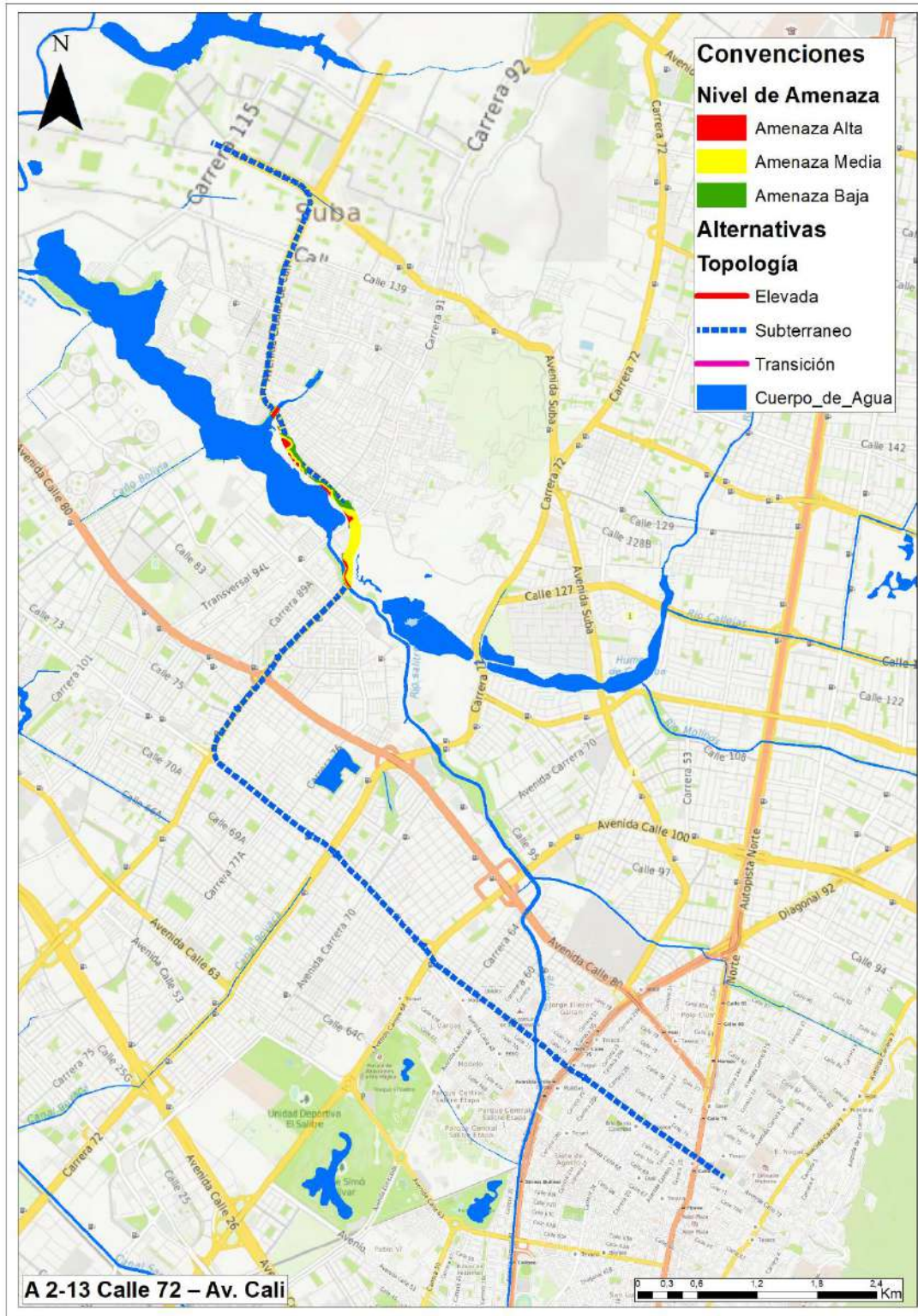
Tabla 4.78 Resultados de indicador Riesgo de afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Riesgo remoción en masa (km) | Indicador Riesgo inundación (km) | Total indicador Riesgo de Afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros. (km) |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--|----------------------------------|---|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 0,00 | 1,40 | 1.40 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 0,00 | 1,40 | 1.40 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 0,00 | 1,40 | 1.40 |
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 0,00 | 1,40 | 1.40 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.194 En la Figura 4.59 se presenta la alternativa Calle 72 – Av. Cali (Línea nueva)

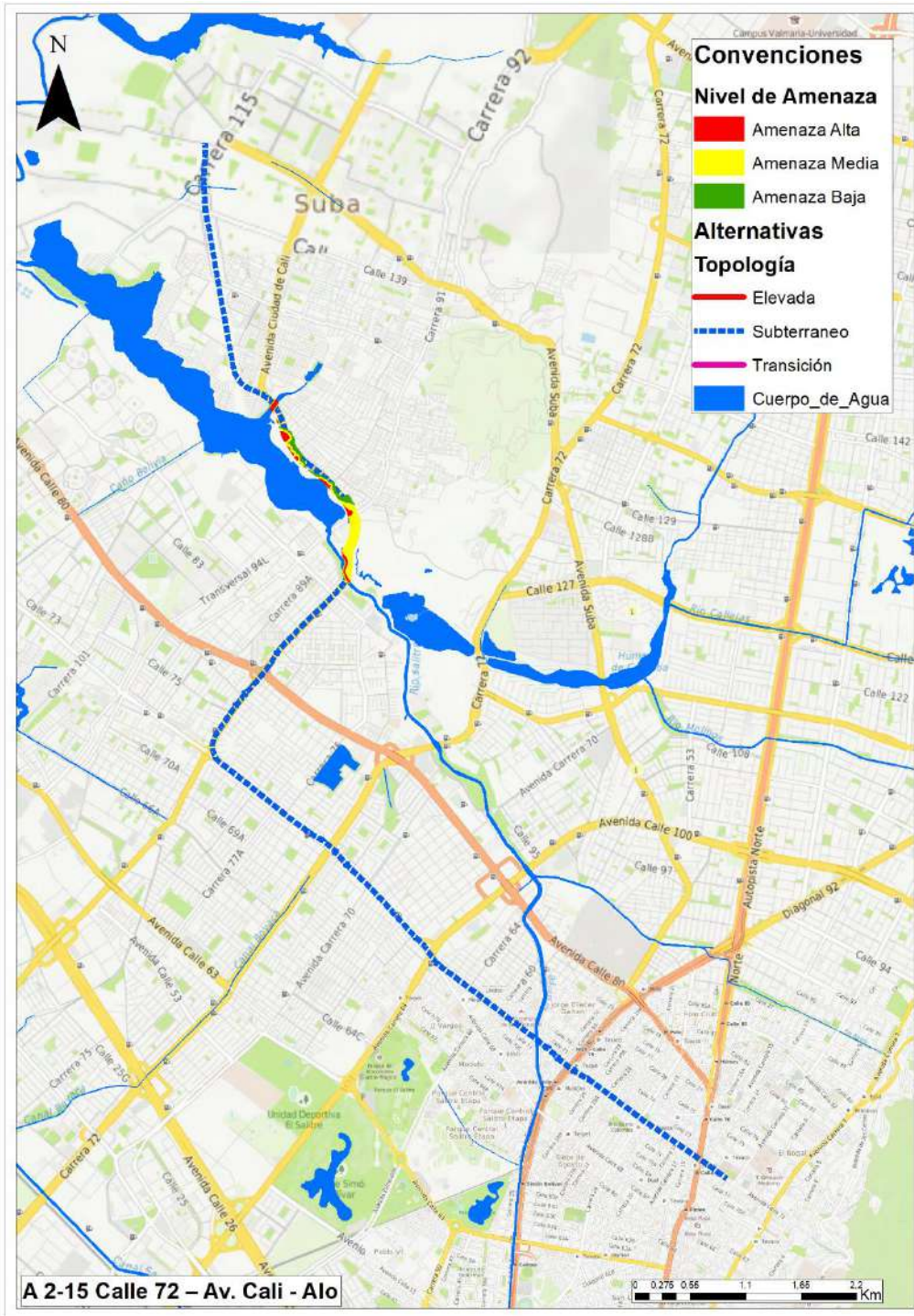
Figura 4.59 Medición Riesgo de Afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros. Alternativa Calle 72 – Av. Cali (Línea nueva) - Inundación



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.195 En la Figura 4.60 se presenta la alternativa Calle 72 – Av. Cali - Alo (Línea nueva)

Figura 4.60 Medición Riesgo de Afectación a zonas de remoción en masa, inundaciones, entre otros. Alternativa Calle 72 – Av. Cali - Alo (Línea nueva) – Inundación



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Riesgo sobre el cronograma

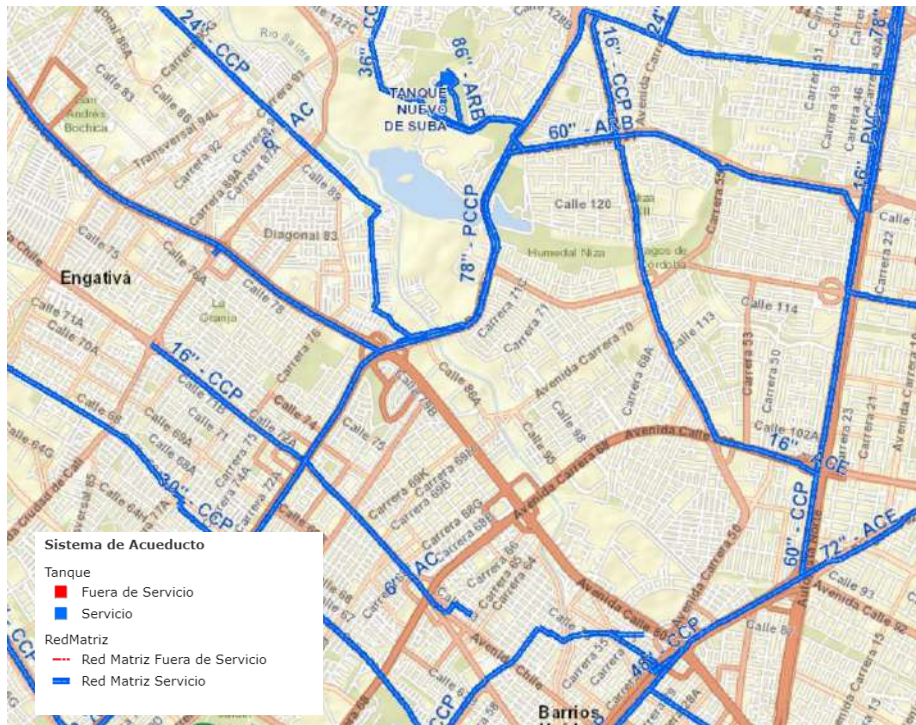
- Incertidumbre sobre el rendimiento de construcción

4.196 Para evaluar el indicador, se determina el nivel de facilidad de realización para cada tipo de infraestructura con una nota de 3 (peor resultado) a 5 (mejor resultado).

4.197 A continuación, se describen los diferentes tipos de calificación:

- **Infraestructura tipo túnel – Calificación: 3/5:** El contexto geotécnico de Bogotá permite obtener un rendimiento elevado de progreso de las tuneladoras. Sin embargo, la construcción de las estaciones subterráneas necesitará un tiempo de realización importante.
- **Infraestructura tipo túnel entre pantallas – Calificación 3/5:** La configuración y las zonas de implantación de las trincheras imponen la previsión de actuar por etapas y métodos de obras complejos que provocaran rendimientos elevados. Una nota de 3/5 está atribuida a este tipo de infraestructura.
- **Infraestructura tipo viaducto – Calificación entre 3/5 y 5/5:** El riesgo geotécnico es importante para el viaducto, pero en caso de riesgo en el progreso de las obras no presenta gran impacto, ya que los apoyos son puntuales. Por tal razón, se puede adelantar obras en otros apoyos y luego resolver el problema puntual. Para este riesgo se identifican 3 zonas de viaducto según la complejidad del contexto geotécnico, de la siguiente forma:
 - Zona 1 (Av. Ciudad de Cali entre Av. Rincón y Av. Suba / ALO entre calle 126b y Av. Suba) – Calificación 5/5. El viaducto está implantado en el eje de la vía con una configuración urbana poco densa.
 - Zona 2 (Calle 72 entre autopista Norte y la Av. Ciudad de Cali / Av. Cali entre calle 72 y Av. Rincón) – Calificación 4/5: El viaducto está ubicado en un sitio con la presencia de redes principales y densificación urbana. En este aspecto, la elección de la zona se apoyó en la identificación de mayor presencia de redes matrices de acueducto y redes colectoras principales de alcantarillado pluvial y sanitario, las cuales en su gran mayoría usan los corredores viales de oriente a occidente.

Figura 4.61 Zonas con densificación de redes matrices de acueducto



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- Zona 3 (Av. Cali entre calle 72 y calle 80) – Calificación 3/5: El viaducto está en interfaz con la proyección del BRT y su infraestructura, lo que necesita fases de realización y obligaciones de ejecución importantes.

4.198 Para cada opción de trazado, se cuantificarán los rendimientos temporales para cada tramo en la configuración de la línea y las características urbanas donde se localiza cada tramo descrito en el indicador “perturbación al tráfico”, lo cual se refleja en la asignación de una nota según las condiciones individuales de cada tramo.

Tabla 4.79 Asignación de puntaje a cada tramo por alternativa

| TRAMO | CORREDOR | INICIO | FIN | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-------|-------------------|--------------------|-----------------|----|----|----|----|
| 1 | Cl 72 (Av. Chile) | Cr 15 | Av. Caracas | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | Cl 72 (Av. Chile) | Av. Caracas | NQS | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | Cl 72 (Av. Chile) | NQS | Cr 68 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | Cl 72 (Av. Chile) | Cr 68 | Av. Boyacá | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 5 | Cl 72 (Av. Chile) | Av. Boyacá | Av. Cali | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 6 | Av. Cali | Cl 72 | Cl 80 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 7 | Av. Cali | Cl 80 | Canal Rio Negro | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 8 | Av. Cali | Canal Rio Negro | Cr 91 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 9 | Av. Cali | Av. Rincón - Cr 91 | Cr 104 | 3 | 5 | 3 | 5 |

| TRAMO | CORREDOR | INICIO | FIN | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-------|----------|-----------|----------|----|----|----|----|
| 10 | Av. Cali | Cr 104 | Av Tabor | 3 | 5 | | |
| 11 | Av. Cali | Av. Tabor | Av. Suba | 3 | 5 | | |
| 12 | Av. Cali | Av. Suba | Cl 170 | | | | |
| 13 | Cl 145 | Av. Cali | ALO | 3 | 4 | | |
| 14 | ALO | Cr 104 | Cl 132 | | | 3 | 4 |
| 15 | ALO | Cl 132 | Cl 145 | | | 3 | 4 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.199 Partiendo de este indicador, se pondera con la longitud de cada tramo y se divide en la sumatoria de los mismos, arrojando el indicador por alternativa cuya memoria de cálculo se puede ver a detalle en el Anexo H3. Riesgo sobre el Cronograma.

4.200 A continuación, se observa el resultado del cálculo de cada indicador:

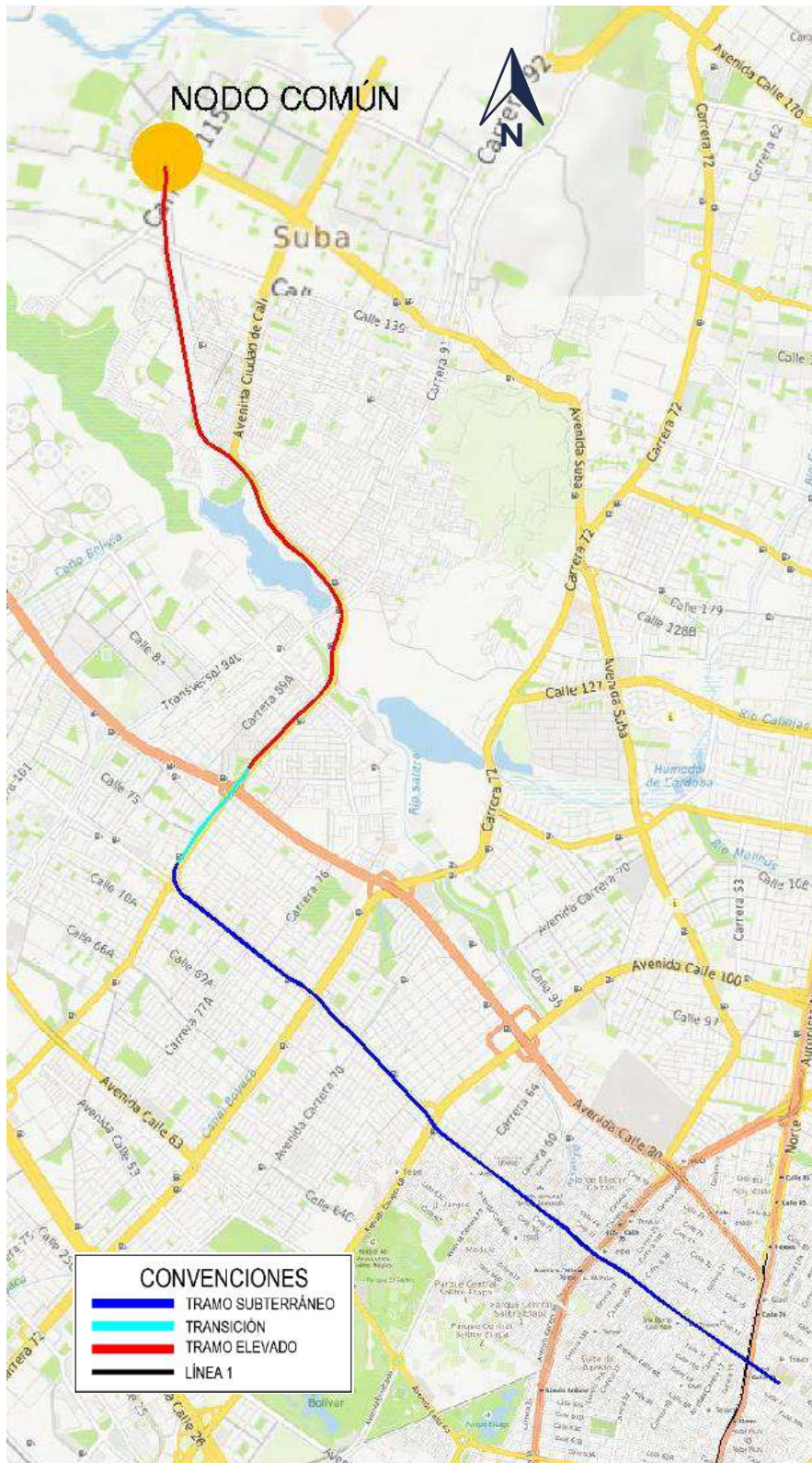
Tabla 4.80 Resultados del indicador Incertidumbre sobre el Rendimiento de Construcción

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Indicador Incertidumbre sobre el Rendimiento de Construcción (Nota entre 1 y 5) |
|------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2.12 | Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba | Subterránea | Línea nueva | 3.00 |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali – Av. Suba | Mixta | Línea nueva | 3.72 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Subterránea | Línea nueva | 3.00 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali - ALO | Mixta | Línea nueva | 3.55 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.201 De la anterior información, se evidencia que las alternativas que arroja el mejor resultado son las alternativas con tipología mixta, lo cual se confirma en el hecho que son alternativas donde incluyen la tipología elevada en un sector del trazado, discurriendo por corredores con poca afectación al sistema BRT, los cuales son ejes que presentan poca densidad de infraestructura, ofreciendo el menor riesgo sobre el cronograma para la ejecución de las obras.

Figura 4.62 Alternativas mixtas con menor riesgo al cronograma



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

Riesgo de gestión predial

- Capacidad de gestión para la adquisición predial

4.202 Se Identifica que para la Alternativa 13, Tipología de línea Subterránea, comprendida dentro del Corredor de la Calle 72–Av. Cali; se identifica que la mayor cantidad de predios corresponden a vía pública representando 46.33%, seguido 223 predios con destinación Residencial que corresponden al 26.42 %, 130 predios con destinación comercial que corresponde al 15.40 %, de la totalidad de predios para esta alternativa, de acuerdo a la clasificación asignada por Catastro Distrital. Ver Tabla 4.81.

Tabla 4.81 Cantidad de predios Alternativa 2.13, Calle 72–Av. Cali.

| Alt | Corredor | Residencial | Dotacional | Comercial | Espacio publico | Vía | Otros | S/I | Cantidad de predios |
|------|-------------------|-------------|------------|-----------|-----------------|-----|-------|-----|---------------------|
| 2.13 | Calle 72–Av. Cali | 223 | 5 | 130 | 36 | 391 | 11 | 48 | 844 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.203 Se Identifica que para la Alternativa 2.14, Tipología línea Mixta, comprendida dentro del Corredor de la Calle 72–Av. Cali; se identifica que la mayor cantidad de predios corresponden a vía pública representando 44.13%, seguido por 231 predios con destinación Residencial que corresponden al 27.23 %, y 129 predios con destinación comercial que corresponde al 15.14%, de la totalidad de predios para esta alternativa, de acuerdo a la clasificación asignada por Catastro Distrital. Ver Tabla 4.82.

Tabla 4.82 Cantidad de predios Alternativa 2.14, Calle 72–Av. Cali.

| Alt | Corredor | Residencial | Dotacional | Comercial | Espacio publico | Vía | Otros | S/I | Cantidad de predios |
|------|-------------------|-------------|------------|-----------|-----------------|-----|-------|-----|---------------------|
| 2.14 | Calle 72–Av. Cali | 232 | 5 | 129 | 33 | 376 | 11 | 66 | 852 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.204 Se Identifica que para la Alternativa 2.15, Tipología de Subterránea, comprendida dentro del Corredor de la Calle 72 - Av. Cali - ALO; se identifica que la mayor cantidad de predios corresponden a vía pública representando 42.79%, seguido por 272 predios con destinación Residencial que corresponden al 31.62% y 129 predios con destinación comercial que corresponde al 15%, de la totalidad de predios para esta alternativa, de acuerdo a la clasificación asignada por Catastro Distrital. Ver Tabla 4.83.

Tabla 4.83 Cantidad de predios Alternativa 2.15, Calle 72–Av. Cali.

| Alt | Corredor | Residencial | Dotacional | Comercial | Espacio publico | Vía | Otros | S/I | Cantidad de predios |
|------|---------------------------|-------------|------------|-----------|-----------------|-----|-------|-----|---------------------|
| 2.15 | Calle 72 - Av. Cali - ALO | 272 | 6 | 130 | 33 | 368 | 11 | 40 | 860 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.205 Se Identifica que para la Alternativa 2.16, Tipología de Mixta, comprendida dentro del Corredor de la Calle 72 – Av. Cali (tramo ALO); se identifica que la mayor cantidad de predios corresponden a vía pública representando 40.43%, seguido por 129 predios con destinación comercial que corresponde al 14.77%, y 281 predios con destinación Residencial que corresponden al 32.19%, de la totalidad de predios para esta alternativa, de acuerdo a la clasificación asignada por Catastro Distrital. Ver Tabla 4.84.

Tabla 4.84 Cantidad de predios Alternativa 2.16, Calle 72–Av. Cali.

| Alt | Corredor | Residencial | Dotacional | Comercial | Espacio publico | Vía | Otros | S/I | Cantidad de predios |
|------|---------------------------------|-------------|------------|-----------|-----------------|-----|-------|-----|---------------------|
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali (tramo ALO) | 281 | 6 | 129 | 32 | 353 | 11 | 61 | 873 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

4.206 El consolidado de la cantidad de predios identificados por alternativa se observa en la siguiente Tabla 4.85.

Tabla 4.85 Resultados del indicador Cantidad de predios por alternativa

| Alternativa | Corredor | Tipología de línea | Cantidad de Predios |
|-------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | 844 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | 852 |
| 2.15 | Calle 72 - Av. Cali - ALO | Subterránea | 860 |
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali (tramo ALO) | Mixta | 873 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Riesgo financiero

- Incertidumbre sobre el costo del proyecto

4.207 El consolidado del indicador de incertidumbre del costo por alternativa se observa en la siguiente Tabla 4.86.

Tabla 4.86 Resultados del indicador de Riesgo Financiero

| num. ant | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Riesgo financiero Unidad(unidad de 3-5) (> Unidad mejor) Incertidumbre sobre el costo del proyecto |
|----------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2,13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | Línea nueva | 3.22 |
| 2,14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | Línea nueva | 3.82 |
| 2,15 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Subterránea | Línea nueva | 3.26 |

| num. ant | Corredor | Tipología de línea | Tipo de Conexión línea 1 | Riesgo financiero Unidad(unidad de 3-5) (> Unidad mejor) Incertidumbre sobre el costo del proyecto |
|-------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 2,16 | Calle 72 – Av. Cali - Alo | Mixta | Línea nueva | 3.79 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

5 Evaluación multicriterio y combinación de alternativas con el patio-taller

- 5.1 Con base en los resultados presentados anteriormente para cada indicador a continuación se presenta la evaluación multicriterio para las 4 alternativas y de las posibles combinaciones de ubicaciones del patio-taller

Resultados por componente de la tipología de Línea al Nodo Común

- 5.2 A continuación, se muestran los resultados de la aplicación de la evaluación multicriterio, para cada uno de los componentes de esta y los resultados de la evaluación multicriterio final:

Tabla 5.87 Resultados Componente Ambiental

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Puntaje |
|------|---------------------------|--------------------|---------|
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Subterránea | 100,0 |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | 97,9 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Mixta | 94,0 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | 88,9 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Tabla 5.88 Resultados Componente Proceso Constructivo

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Puntaje |
|------|---------------------------|--------------------|---------|
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Subterránea | 95,1 |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | 87,7 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Mixta | 83,9 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | 81,1 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Tabla 5.89 Resultados Componente Urbano Paisajístico

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Promedio |
|------|---------------------------|--------------------|----------|
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Subterránea | 93,7 |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | 90,0 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Mixta | 74,1 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | 63,8 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Tabla 5.90 Resultados componente de Afectación Social

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Puntaje |
|------|---------------------------|--------------------|---------|
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Subterránea | 100,0 |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | 88,5 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Mixta | 80,8 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | 73,1 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Tabla 5.91 Resultados Componente de Beneficios Sociales

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Oferta Conservadora | Oferta Optimista | Promedio |
|------|---------------------------|--------------------|---------------------|------------------|----------|
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Subterránea | 96,9 | 96,1 | 96,5 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | 94,0 | 92,1 | 93,0 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Mixta | 90,8 | 88,7 | 89,7 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Tabla 5.92 Resultados Componente Financiero

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Puntaje |
|------|---------------------------|--------------------|---------|
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | 99,7 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Mixta | 98,7 |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | 90,8 |
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Subterránea | 90,4 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Tabla 5.93 Resultados Componente Riesgos

| Alt. | Corredor | Tipología de línea | Puntaje |
|------|---------------------------|--------------------|---------|
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | 99,0 |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Mixta | 92,3 |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | 91,5 |
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Subterránea | 86,4 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

5.3 A continuación, se muestran los resultados de la evaluación final ver Tabla 5.94

Tabla 5.94 Resultados evaluación multicriterio alternativas de nodo de terminación

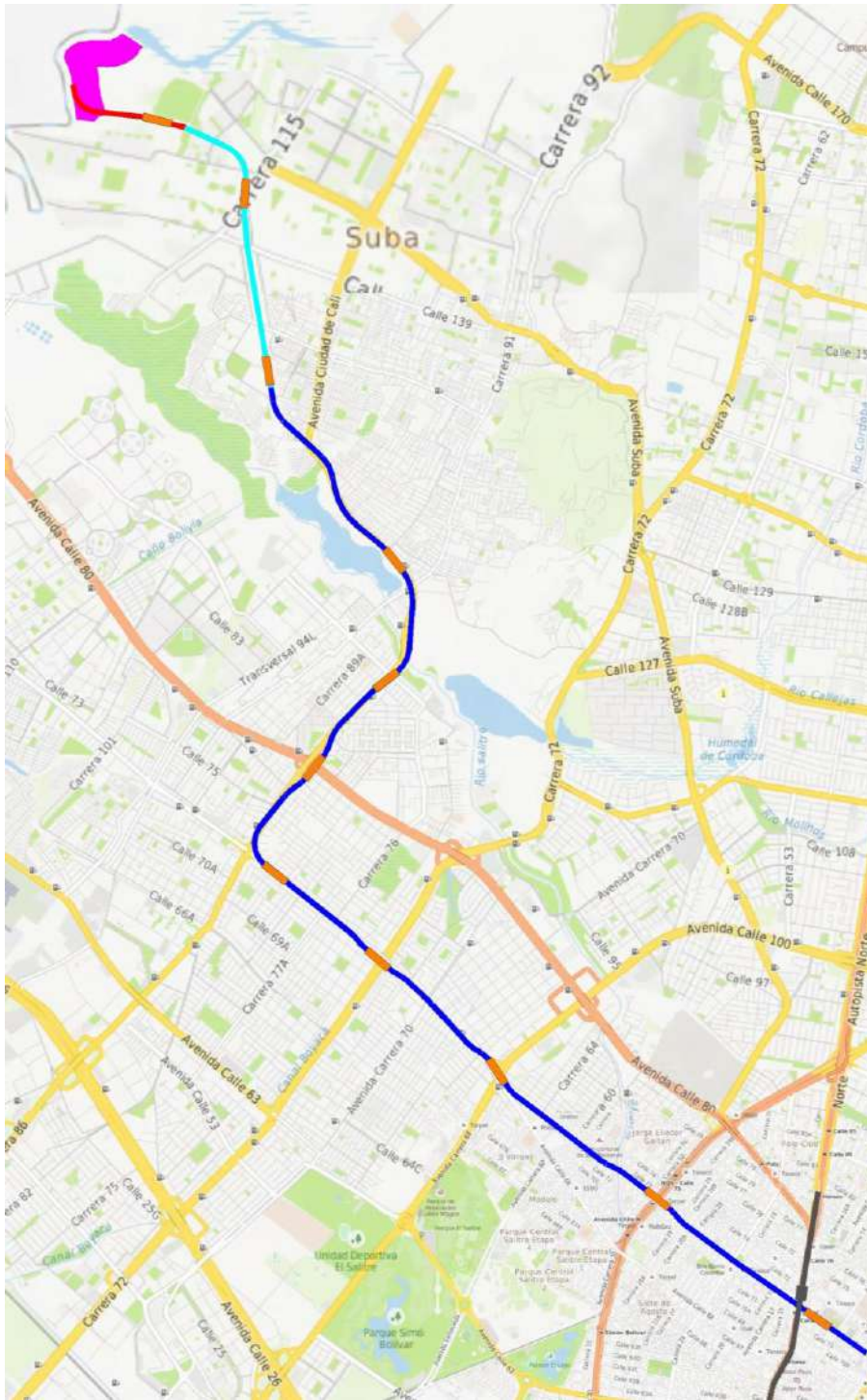
| Alt | Corredor | Tipología de línea | Eval. | 13% | 14% | 10% | 5% | 18% | 25% | 15% |
|------|---------------------------|--------------------|-------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------|---|------------|--------|
| | | | | Afectación Ambiental | Proceso constructivo | Urbano-Paisajístico | Afectación Social | Beneficios sociales por mejoras en transporte | Financiero | Riesgo |
| 2.16 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Subterránea | 93,36 | 100,0 | 95,1 | 93,7 | 100,0 | 96,5 | 90,4 | 86,4 |
| 2.13 | Calle 72 – Av. Cali | Subterránea | 92,72 | 97,9 | 87,7 | 90,0 | 88,5 | 100,0 | 90,8 | 91,5 |

| Alt | Corredor | Tipología de línea | Eval. | 13% | 14% | 10% | 5% | 18% | 25% | 15% |
|------|---------------------------|--------------------|-------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------|---|------------|--------|
| | | | | Afectación Ambiental | Proceso constructivo | Urbano-Paisajístico | Afectación Social | Beneficios sociales por mejoras en transporte | Financiero | Riesgo |
| 2.15 | Calle 72 – Av. Cali – ALO | Mixta | 89,93 | 94,0 | 83,9 | 74,1 | 80,8 | 89,7 | 98,7 | 92,3 |
| 2.14 | Calle 72 – Av. Cali | Mixta | 89,45 | 88,9 | 81,1 | 63,8 | 73,1 | 93,0 | 99,7 | 99,0 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 5.4 Como resultado de la aplicación de la evaluación de la matriz multicriterio para las 4 alternativas del análisis de nodo de terminación, la recomendación es que el proyecto de expansión priorizado objeto de los estudios y diseños a nivel de prefactibilidad a desarrollarse en la fase 3 de la presente consultoría sea la Línea Nueva cuyo trazado es la Calle 72 desde Avenida Caracas hasta la Av. Ciudad de Cali donde a la altura de la Calle 128 B toma la reserva vial de la Avenida Longitudinal de Occidente - ALO hasta la Avenida Transversal de Suba donde toma hacia el occidente por este corredor hasta el patio taller ubicado en el sector de Fontanar. Figura 5.63 Alternativa mejor desempeño Calle 72-Cali-ALO-Patio Fontanar

Figura 5.63 Alternativa mejor desempeño Calle 72-Cali-ALO-Patio Fontanar



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Resultados combinación de alternativas con patio taller

Cuadro comparativo de resultados.

- 5.5 A partir del análisis llevado a cabo para cada uno de los 4 polígonos viabilizados, se elabora el siguiente cuadro comparativo de resultados, en el cual se les asigna un peso ponderado a los diferentes criterios, según su relevancia para el estudio. Es importante resaltar que la evaluación inicial se realizó para la demanda del año 2030. Posteriormente a la alternativa definida en su totalidad en fase 3 se le definirá la demanda para el año 2050.
- 5.6 En este análisis se tiene en consideración que la troncal de la Av. Cali llegará hasta la calle 80 únicamente e integra con la Extensión de la PLMB, con lo cual se aumentaría la demanda y por ende la necesidad de área para el Patio - Taller aumentando a 14ha, con lo cual se descartarían los predios de Portal Suba y ALO-Gaitana, que, si bien tiene posibilidad de ampliación, este requerimiento de área supera lo previsto.
- 5.7 En virtud de lo anterior, los resultados obtenidos, el predio con mejor desempeño es el de Fontanar del Río Tabla 5.95

Tabla 5.95 Cuadro comparativo de resultados evaluación predio para Patio Taller

| EVALUACION PATIO TALLER (Calificación 1-5) | | | | | | | |
|--|-------------------------|-------|----------------|-----------------------|-----------------------|--------|-------|
| Num. Alt. | PATIO TALLER | Costo | Riesgo predial | Normativo - Ambiental | Distancia al nodo ALO | Tiempo | Total |
| | | 25% | 25% | 25% | 5% | 20% | 100% |
| 4 | PREDIO FONTANAR DEL RIO | 1,00 | 1,25 | 1,00 | 0,10 | 1,00 | 4,35 |
| 1 | PORTAL SUBA | 1,00 | 1,25 | 1,25 | 0,25 | 0,20 | 3,95 |
| 2 | PREDIO COTA | 0,25 | 1,25 | 0,25 | 0,05 | 1,00 | 2,80 |
| 3 | PREDIO ALO GAITANA | 1,25 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,20 | 2,45 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Consideraciones adicionales.

- 5.8 Además de los resultados evaluados a partir de los criterios mencionados, el polígono de Fontanar del Río presenta características adecuadas de área y flexibilidad para diseño del layout del Patio Taller, así como facilidad conexión con línea y localización de una última estación que permite atender a la población de los sectores del borde occidental de Suba. Como parte de la fase siguiente del estudio, se tendrá en cuenta:
- De acuerdo con las consideraciones ambientales, urbanas y de reserva vial analizadas, se acotará el área requerida para la inserción urbana en detalle del Patio Taller. Se evaluará la compatibilidad del área en 2030 y 2050, previendo posibles futuros requerimientos de área adicional

- Elaboración de la hoja de ruta del proceso para viabilidad normativa con las entidades competentes (IDIGER, CAR, SDA, EAB, SDP, ANLA). De acuerdo a las mesas de trabajo que se han llevado a cabo con los diferentes actores urbanos (IDU, IDIGER, SDP) y al concepto normativo emitido por la SDP al respecto de la viabilidad del polígono de Fontanar del Río para la localización del Patio Taller, se identifican los siguientes temas:
 - Respecto a la definición de la ZMPA del Río Bogotá, a partir de la Resolución 497 de 2019, emitida por la CAR, se adopta la variación de la franja de ZMPA a 30m en el sector de Fontanar del Río. El área requerida para el layout del Patio, que está predimensionada en 14has, estaría disponible para la implantación del patio, teniendo en cuenta esta área de ZMPA de 30m.
 - Respecto a la clasificación del suelo de acuerdo a los riesgos y amenazas por inundación, los predios localizados en el polígono de Fontanar del Río se encuentran en una zona de Riesgo Alto (mapa 4, Resolución vigente 1972 de 2017, IDIGER). De acuerdo con la anterior clasificación, los desarrollos de planes parciales de vivienda no serían viables. Sin embargo, para la ejecución del proyecto de Patio Taller de la SLMB, se requerirán estudios técnicos detallados con el objeto de poder definir el plan de manejo y medidas requeridas para la mitigación del riesgo de inundaciones.
 - Respecto al uso del suelo de los predios del sector de Fontanar del Río, se define que éstos se encuentran en suelo de Expansión Urbana con tratamiento de Desarrollo, como parte de la UPZ 71 Tibabuyes (Decreto Distrital 190 de 2004, y UPZ 71 Decreto Distrital 430 de 2004).
- Inicio de fase de diseños de prefactibilidad del Patio, pre-dimensionamiento y zonificación general, accesos, áreas técnicas, áreas administrativas, etc.

6 Análisis de fuentes de pago

Metodología

- 6.1 Con la entrega del documento “Análisis de Fuentes de Pago”, desarrollado por la FDN, y el CAPEX preliminar estimado del proyecto (que se profundizará en mayor detalle en la fase 3), se procederá a realizar una evaluación para establecer un primer el alcance geográfico del proyecto de expansión priorizado.
- 6.2 El objetivo principal del análisis preliminar de costo (CAPEX) versus recursos⁸ distritales identificados por la FDN para el proyecto, consiste en una primera aproximación al alcance geográfico y de recursos necesarios para la materialización. En este sentido la FDN identificó potenciales fuentes de recursos, tales como:
- Fuentes alternativas de pago
 - Activos productivos del Distrito
 - Fuentes Tradicionales de Pago
 - Resultados de fuentes de pago
- 6.3 Del análisis realizado por la FDN, se identifican tres (3) potenciales escenarios de fuentes de pago:
- i. Recursos únicamente del distrito por un valor de \$3.9 bn
 - ii. Recursos base del distrito (escenario i) + cofinanciación gobierno Nacional (70%), correspondiente a un monto de \$7.5 bn
 - liii. Posibilidad de recursos adicionales del distrito con cofinanciación gobierno Nacional (70%), correspondiente a un monto de \$12.3 bn.
- 6.4 Considerando que el Proyecto de Expansión Priorizado recomendado cuenta con un elemento particular (línea nueva independiente) que condiciona el proyecto, atada a la necesidad de un patio-taller propio, para el ejercicio de evaluación de los tres (3) escenarios se proponen los siguientes niveles de revisión, considerando que los recursos alcancen para la construcción de la Línea completa hasta el patio-taller:
- Que los recursos alcancen para la construcción del patio-taller (parcial o completo)
 - Que los recursos alcancen para la adquisición del Material Rodante, ya fuera parcialmente o en su totalidad.
 - finalmente, que los recursos sean suficientes para la totalidad de las estaciones.

⁸ El ejercicio de fuentes realizado puede variar en concordancia con los compromisos que puedan adquirir tanto el gobierno Nacional como el Distrital.

6.5 En virtud de las anteriores premisas, se realiza un ejercicio de Costo del proyecto bajo diferentes hipótesis que permitan ajustarse a los tres (3) escenarios planteados anteriormente y que permitan identificar la viabilidad del proyecto dentro de un rango proyectado a la fecha.

Escenario i de recursos:

6.6 Siguiendo la revisión por niveles, para la primera opción de recursos estipulada por COP \$3.9 billones alcanzaría:

- Para construir el 76% de la línea, que corresponde a aproximadamente 10.5 Km de la longitud total.
- No alcanzaría para construir el Patio taller ni estaciones.
- No alcanzaría para adquirir el Material Rodante.

6.7 Por lo cual, no es viable este escenario de recursos. A continuación, se presenta el resumen de costos para esta Fuente de Pago Tabla 6.96.

Tabla 6.96 Análisis de costos con base en escenario de Fuentes de pago No.1 (valores expresados en COP billones)

| Fuente de pago No. | Vr. Fuente de pago | Línea | Estaciones | Material Rodante | Patio taller | Pedios | Vr. Total con fact. de incerti. |
|--------------------|--------------------|---------------|------------|------------------|--------------|----------------|---------------------------------|
| 1 | \$ 3.9 | \$ 3.2- \$3.8 | \$ 0.0 | \$ 0.0 | \$ 0.0 | \$ 0.1- \$0,12 | \$3.3-\$ 3.9 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Escenario ii de recursos:

6.8 Con la segunda opción de recursos por un valor de COP \$7.5 billones, se tiene:

- Se podría construir la totalidad de la línea y el Patio taller, hacer respectiva adquisición predial y construir solamente dos (2) estaciones, sin embargo, no es suficiente para la adquisición del material rodante

6.9 Por lo tanto, el escenario ii no es acorde a las necesidades del proyecto y no sería viable. El siguiente es el resumen de costos para esta alternativa Tabla 6.97.

Tabla 6.97 Análisis de costos con base en escenario de Fuentes de pago No.2 (valores expresados en COP billones)

| Fuente de pago No. | Vr. Fuente de pago | Línea | Estaciones | Material Rodante | Patio taller | Pedios (| Vr. Total con fact. de incerti. |
|--------------------|--------------------|---------------|----------------|------------------|---------------|----------------|---------------------------------|
| 2 | \$ 7.5 | \$ 4.0- \$4.8 | \$ 0.9 - \$1.1 | \$ 0.0 | \$ 1.2- \$1.4 | \$ 0.1- \$0,12 | \$6.2 - \$ 7.5 |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Escenario iii de recursos:

6.10 Tomando como referencia el valor del escenario iii, se tendría que:

- 6.11 Se podría construir la totalidad de la línea, el Patio taller, las estaciones, realizar la adquisición predial y de material rodante. Sin embargo, es importante mencionar que por la maduración del proyecto para el CAPEX del proyecto se tiene una variabilidad y nivel de incertidumbre, lo cual para esta etapa se puede concluir que los recursos destinados están dentro de dicho intervalo de confianza, sin embargo, es necesario la finalización de la pre-factibilidad para entregar los números estimados del CAPEX.

Tabla 6.98 Análisis de costos con base en escenario de Fuentes de pago No.3 (valores expresados en COP billones)

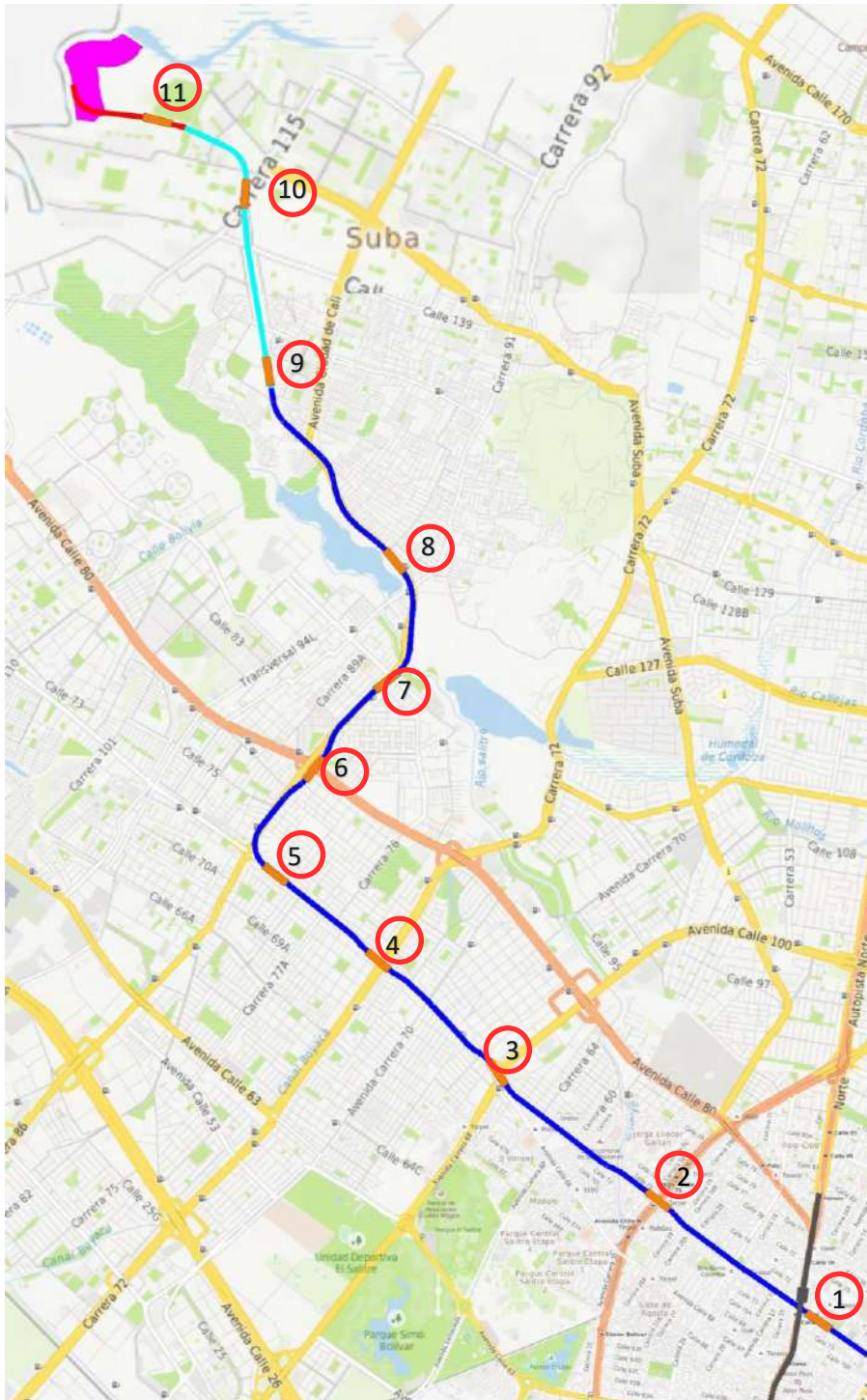
| Fuente de pago No. | Vr. Fuente de pago | Línea | Estaciones | Material Rodante | Patio taller | Predios | Vr. Total con fact. de incerti. |
|--------------------|--------------------|------------------|------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|
| 3 | \$ 12.3 | \$ 4.0- \$4.8 | \$ 3.5 | \$ 1.3-\$1.4 | \$ 1.2- \$1.4 | \$ 0.2- \$0.24 | (\$11.5 - \$ 13) |

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

7 Actualización de la demanda del Proyecto de expansión priorizado

- 7.1 De acuerdo con lo indicado en el Anexo 6 del Documento TCC del Contrato 033 de 2020, en donde se establece que una vez definido el proyecto de expansión priorizado, deberá incluirse en el documento entregable 3 una actualización de la estimación de demanda para el “Proyecto de Expansión Priorizado”, para los cortes temporales definidos, en el Anexo F – Beneficios sociales se hace entrega del banco de datos del modelo de transporte y a continuación se presentan los principales resultados.
- 7.2 Primero indicar, que, como resultado de la selección de la Alternativa de Mejor Desempeño y los análisis de nodo de terminación, se adelantó una revisión de la localización de estaciones que, acompañado con la selección del Patio Taller, implica una modificación en el trazado de la Línea 2 del proyecto Metro incluido en el modelo de transporte de la Fase 2 de la presente Consultoría. A continuación, se muestra la localización de estaciones del proyecto de expansión priorizado:

Figura 7.64 Trazado y Localización de estaciones – Proyecto de Expansión Priorizado



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

7.3 Tal cómo se explicó en el Entregable 2, se seleccionaron los cortes temporales 2030 y 2050 y se realiza la actualización de demanda para las perspectivas Conservadora y Optimista. A continuación, se relacionan los proyectos incluidos en cada prospectiva:

Tabla 7.99 Prospectivas de evaluación para el análisis de alternativas

| Prospectiva | Visión | Corte temporal 2030 | Corte temporal 2050 | Integración con corredores férreos regionales |
|--------------|--------|---------------------|---------------------|---|
| Conservadora | 2014 | Oferta 1 | Oferta 2 | Integrado |
| | 2014 | Oferta 1 | Oferta 2 | Integrado |
| Optimista | 2014 | Oferta 2 | Oferta 2 | Integrado |
| | 2014 | Oferta 3 | Oferta 3 | Integrado |

Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

7.4 El perfil de carga del corte temporal del año 2030 muestra una carga máxima de la línea 2 de alrededor de 33.000 pasajeros/hora-sentido norte sur. Cómo se ha explicado anteriormente, el efecto de tener menos proyectos de infraestructura de transporte en la oferta conservadora aumenta la demanda de la línea 2, que para la oferta optimista alcanza los 29.000 pasajeros/hora-sentido norte sur.

Figura 7.65 Perfil de carga Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2030



Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

7.5 El perfil de carga del corte temporal 2050 la carga máxima en la oferta optimista alcanza los 39.000 pasajeros/hora-sentido sur norte en el tramo de Av. Ciudad de Cali entre Carrera 91 y Calle 90.

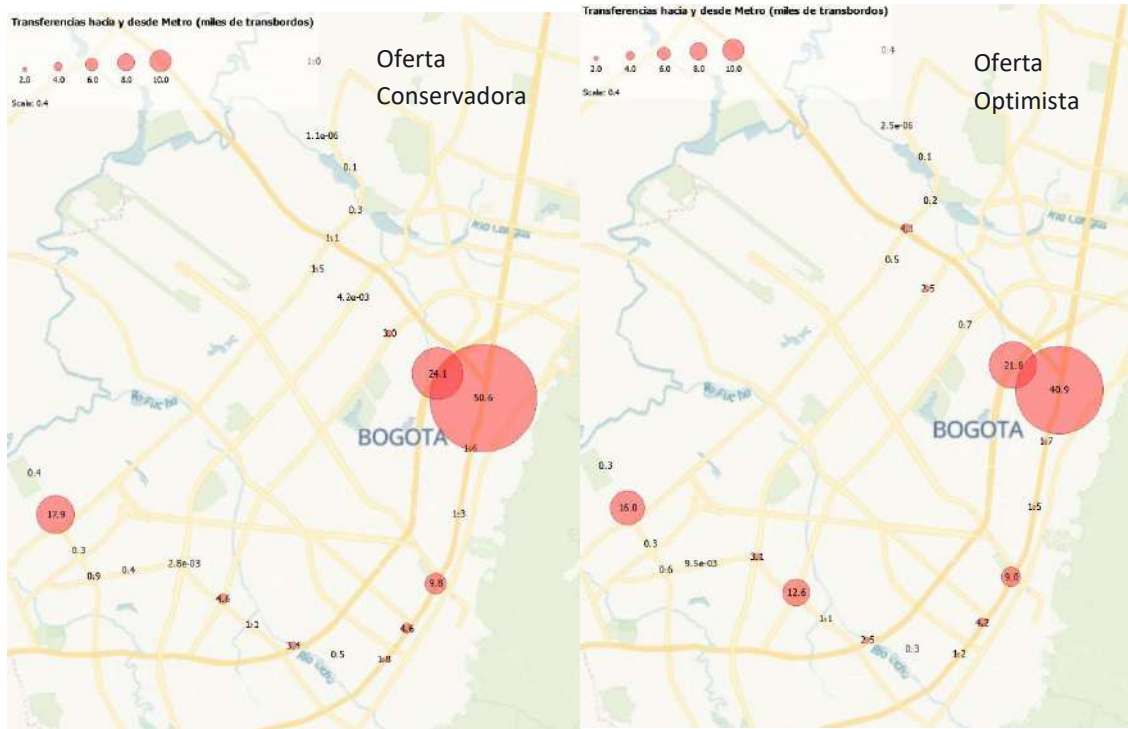
Figura 7.66 Perfil de carga Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2050



Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

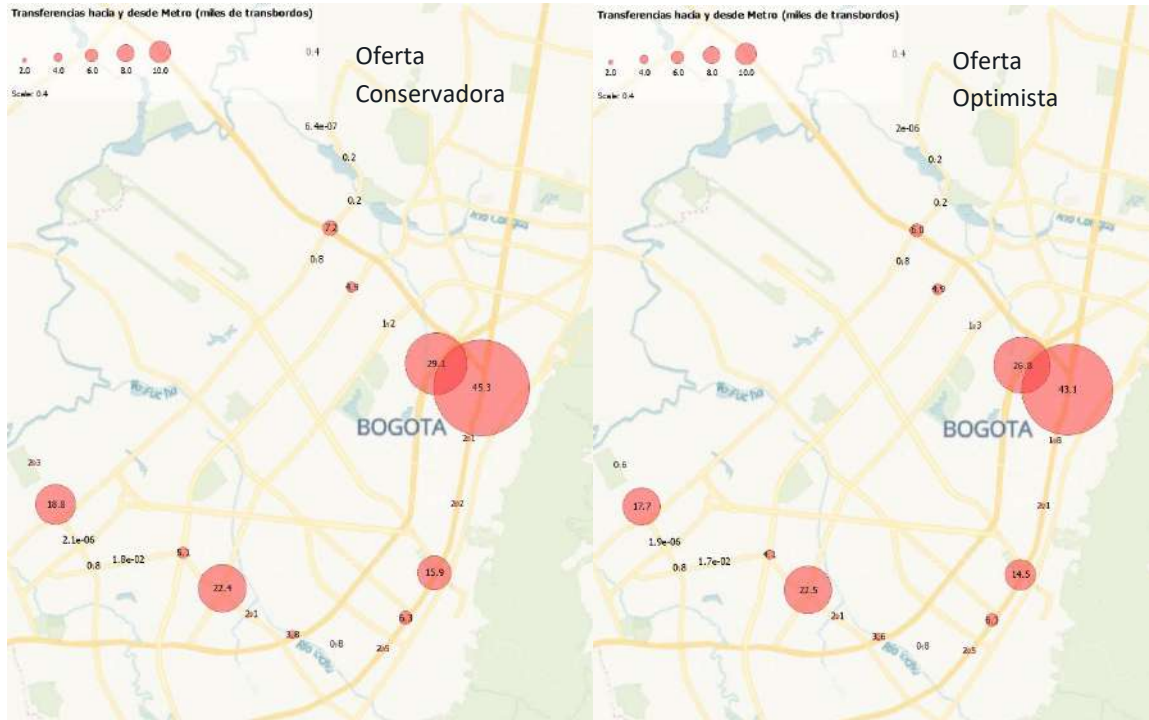
- 7.6 Los puntos de trasbordo de las dos prospectivas y los dos cortes temporales se mantienen con órdenes de magnitud similares. El punto de mayor trasbordo sigue siendo la Calle 72 con Avenida Caracas, llegando en el año 2050 en la oferta conservadora a más de 50.000 transferencias en la hora de modelación (hora de máxima demanda del periodo AM).
- 7.7 En las tablas a continuación se muestran las cargas máximas de la línea 1 y línea 2, de los trazados evaluados con los parámetros establecidos para la fase 2 y se incorpora los datos del proyecto de expansión priorizado.
- 7.8 No se observan grandes cambios en las ofertas y cortes temporales analizados. En el corte temporal 2050 y la oferta conservadora, que sería el caso más crítico, donde la demanda es mayor y la red de transporte no incluye una expansión importante, la carga máxima de la PLMB-T1 alcanza los 70.000 pasajeros/hora – sentido sur norte y la Línea 2 y cerca de 39.000 pasajeros-hora/sentido norte -sur.
- 7.9 Es importante recordar que aunque algunas alternativas analizadas presentan mayores cargas máximas, a partir de la aplicación de la matriz multicriterio de alternativas se realizó la selección y recomendación del “Proyecto de expansión priorizado”.

Figura 7.67 Traspaldos Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2030



Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

Figura 7.68 Traspaldos Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2050



Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

Tabla 7.100 Comparación de carga máxima PLMB-T1 y proyecto de expansión priorizado con las alternativas analizadas en el Entregable 3 (Corte 2030)

| Corredor | Oferta Conservadora | | | | Oferta Optimista | | | |
|---|---------------------|--------------|---------------|---------------|------------------|--------------|--------------|---------------|
| | L1SN | L1NS | L2SN | L2NS | L1SN | L1NS | L2SN | L2NS |
| Sólo PLMB- T1 | 43.727 | 4.529 | | | 45.316 | 4.425 | | |
| Calle 72 – Av. Cali – Sub | 48.189 | 11.604 | 12.230 | 34.987 | 48.166 | 9.958 | 8.491 | 32.591 |
| Calle 72 – Av. Cali – ALO – Sub | 48.140 | 11.339 | 12.415 | 33.475 | 48.074 | 9.688 | 8.613 | 30.408 |
| Calle 72 – Av. Cali – Mixta | 47.999 | 11.783 | 12.025 | 33.687 | 48.813 | 9.953 | 9.202 | 28.902 |
| Calle 72 – Av. Cali – ALO – Mixta | 47.950 | 11.525 | 12.211 | 32.167 | 48.716 | 9.668 | 9.319 | 27.034 |
| Proyecto de expansión priorizado | 48.047 | 9.831 | 12.299 | 32.944 | 48.407 | 8.635 | 9.070 | 28.535 |

Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

Tabla 7.101 Comparación de carga máxima PLMB-T1 y proyecto de expansión priorizado con las alternativas analizadas en el Entregable 3 (Corte 2050)

| Corredor | Oferta Conservadora | | | | Oferta Optimista | | | |
|---|---------------------|--------------|---------------|---------------|------------------|--------------|--------------|---------------|
| | L1SN | L1NS | L2SN | L2NS | L1SN | L1NS | L2SN | L2NS |
| Sólo PLMB- T1 | 67.620 | 7.820 | - | - | 63.925 | 7.366 | - | - |
| Calle 72 – Av. Cali – Sub | 70.359 | 10.963 | 9.150 | 43.316 | 66.560 | 10.825 | 9.073 | 41.740 |
| Calle 72 – Av. Cali – ALO – Sub | 70.261 | 10.758 | 9.300 | 40.697 | 66.456 | 10.620 | 8.607 | 39.298 |
| Calle 72 – Av. Cali – Mixta | 71.068 | 11.202 | 9.870 | 37.857 | 66.844 | 10.961 | 8.867 | 36.728 |
| Calle 72 – Av. Cali – ALO – Mixta | 70.974 | 10.934 | 9.980 | 35.467 | 66.737 | 10.693 | 8.985 | 34.877 |
| Proyecto de expansión priorizado | 70.841 | 9.925 | 10.149 | 38.551 | 66.846 | 9.901 | 9.338 | 37.190 |

Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

- 7.10 En las tablas se muestran las cargas máximas de la línea 1 y línea 2, de los trazados evaluados con los parámetros establecidos para la fase 2 y se incorpora los datos del proyecto de expansión priorizado.
- 7.11 No se observan grandes cambios en las ofertas y cortes temporales analizados. En el corte temporal 2050 y la oferta conservadora, que sería el caso más crítico, donde la demanda es mayor y la red de transporte no incluye una expansión importante, la carga máxima de la PLMB-T1 alcanza los 70.000 pasajeros/hora – sentido sur norte y la Línea 2 y cerca de 39.000 pasajeros-hora/sentido norte -sur.
- 7.12 Es importante recordar que, aunque algunas alternativas analizadas presentan mayores cargas máximas, a partir de la aplicación de la matriz multicriterio de alternativas se realizó la selección y recomendación del “Proyecto de expansión priorizado”.
- 7.13 En el anexo F se hace entrega de los archivos de actualización de la demanda con los resultados resumidos en el presente capítulo, para revisión por parte de la Supervisión del Contrato 033 de 2020.

Actualización de demanda para dimensionamiento

- 7.14 Para el correcto dimensionamiento de la infraestructura y diseño operacional del Proyecto de expansión priorizado se hizo una actualización de la demanda y se obtuvieron resultados del modelo de 4 etapas de Bogotá con el objetivo de observar cambios en la selección modal con diferentes escenarios de oferta.
- 7.15 Los escenarios de oferta analizados comprenden una batería de proyectos específica que se diferencian de los analizados en la Fase 2 de la presente Consultoría. Los proyectos incluidos en cada escenario de oferta son:

Figura 7.1: Ofertas evaluadas en el modelo de transporte para el dimensionamiento de la infraestructura

| Oferta 0 | Oferta 1 | Oferta 2 |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Red de transporte público 2020 • SITP 100% Implementado • Corredor Verde Carrera 7 • Troncales: <ul style="list-style-type: none"> • Av Carrera 68 entre Autopista Sur y Carrera 7 • Av. Ciudad de Cali desde Av. Circunvalar del Sur hasta Av. Manuel Cepeda Vargas • Fase II y III de Soacha • Extensión Troncal Caracas Sur desde Molinos hasta Portal Usme • PLMB-T1 | <ul style="list-style-type: none"> • Oferta 0 • Troncales: <ul style="list-style-type: none"> • Av. Villavicencio desde Av. Boyacá hasta Autopista Sur • Extensión Autopista Norte desde Estación Terminal hasta Calle 245 • Extensión Troncal El dorado desde Portal Eldorado hasta Aeropuerto • Conexión troncal Américas desde NQS hasta Puente Aranda • Calle 13 • 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 Calle 80 • 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 |

Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

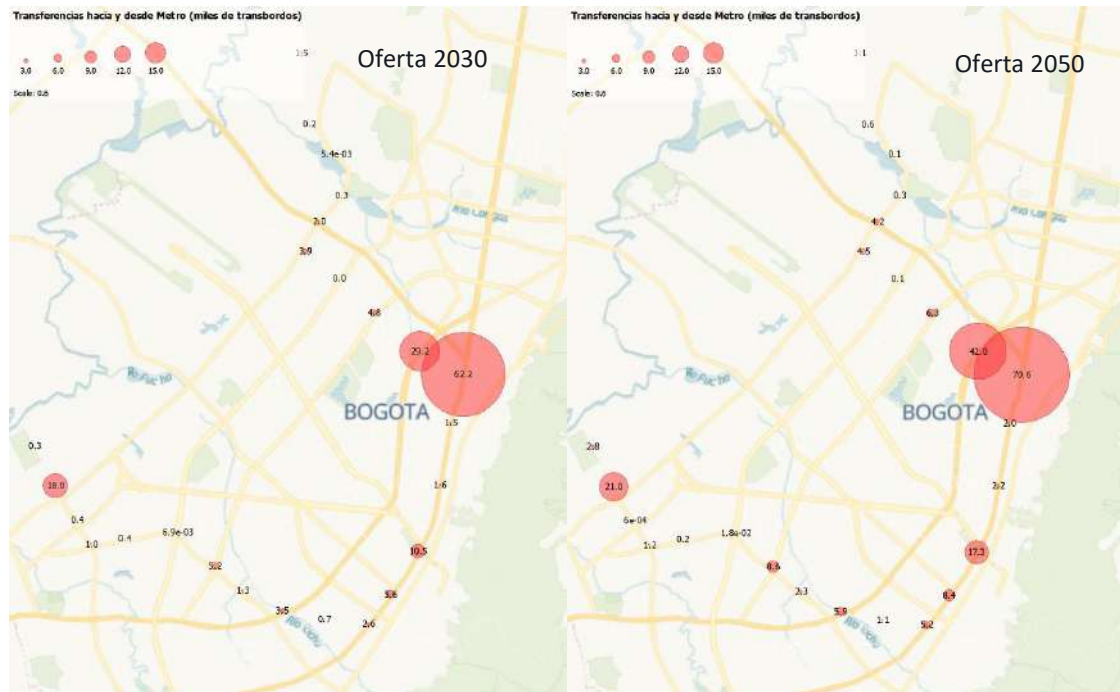
- 7.16 No se recomienda usar la Oferta 3 en el ejercicio de dimensionamiento, debido a que tiene en cuenta una batería de proyectos amplia que implica una red muy optimista y no representaría un incremento de demanda importante de la L2 de Metro.
- 7.17 A continuación, se observan los resultados de la actualización en términos de perfiles de carga y transbordos para la Oferta 1 que representa la situación más crítica para 2030 y 2050.

Figura 7.69 Perfil de carga dimensionamiento Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2030 y 2050



Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

Figura 7.70 Traspardos dimensionamiento Proyecto de expansión priorizado Corte Temporal 2030 y 2050



Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

- 7.18 Se puede observar en las figuras anteriores que la carga máxima de la L2 en 2030 es de 45.000 pasajeros/hora/sentido norte-sur y para 2050 son 61.000 pasajeros/hora/sentido norte-sur en el tramo en la Calle 80 entre Av. 68 y Av. Ciudad de Cali para ambos cortes temporales.
- 7.19 En términos de transferencias, se observa que el punto de mayor concentración de trasbordos se da en la Calle 72 con Av. Caracas, teniendo 62.000 transferencias en la hora de modelación (hora de máxima demanda del periodo AM) para 2030 y 71.000 para 2050. El segundo punto crítico, se encuentra la estación de Calle 80 con NQS con 30.000 y 42.000 transferencias en 2030 y 2050 respectivamente.
- 7.20 A continuación, se observa la carga máxima para el corte 2050 comparando los resultados obtenidos en la Fase 2 de la presente Consultoría.

Tabla 7.102 Carga máxima

| Oferta | 2050 | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| | L1SN | L1NS | L2SN | L2NS |
| Oferta 0 | 67.367 | 17.479 | 11.691 | 50.016 |
| Oferta 1 | 69.154 | 15.510 | 15.252 | 61.286 |
| Oferta 2 | 70.997 | 13.197 | 9.491 | 50.210 |
| Oferta 1 - Fase 1 | 67.662 | 13.767 | 14.120 | 45.067 |
| Oferta 1 - Fase 2 | 70.261 | 10.758 | 9.300 | 40.697 |

Fuente: Unión Temporal Egis – Steer, 2021

- 7.21 Al observar la matriz de transporte público del modelo en el escenario Status Quo, se observó un incremento de la demanda de 1.005.325 a 1.017.801, indicando un aumento de 12.500 viajes

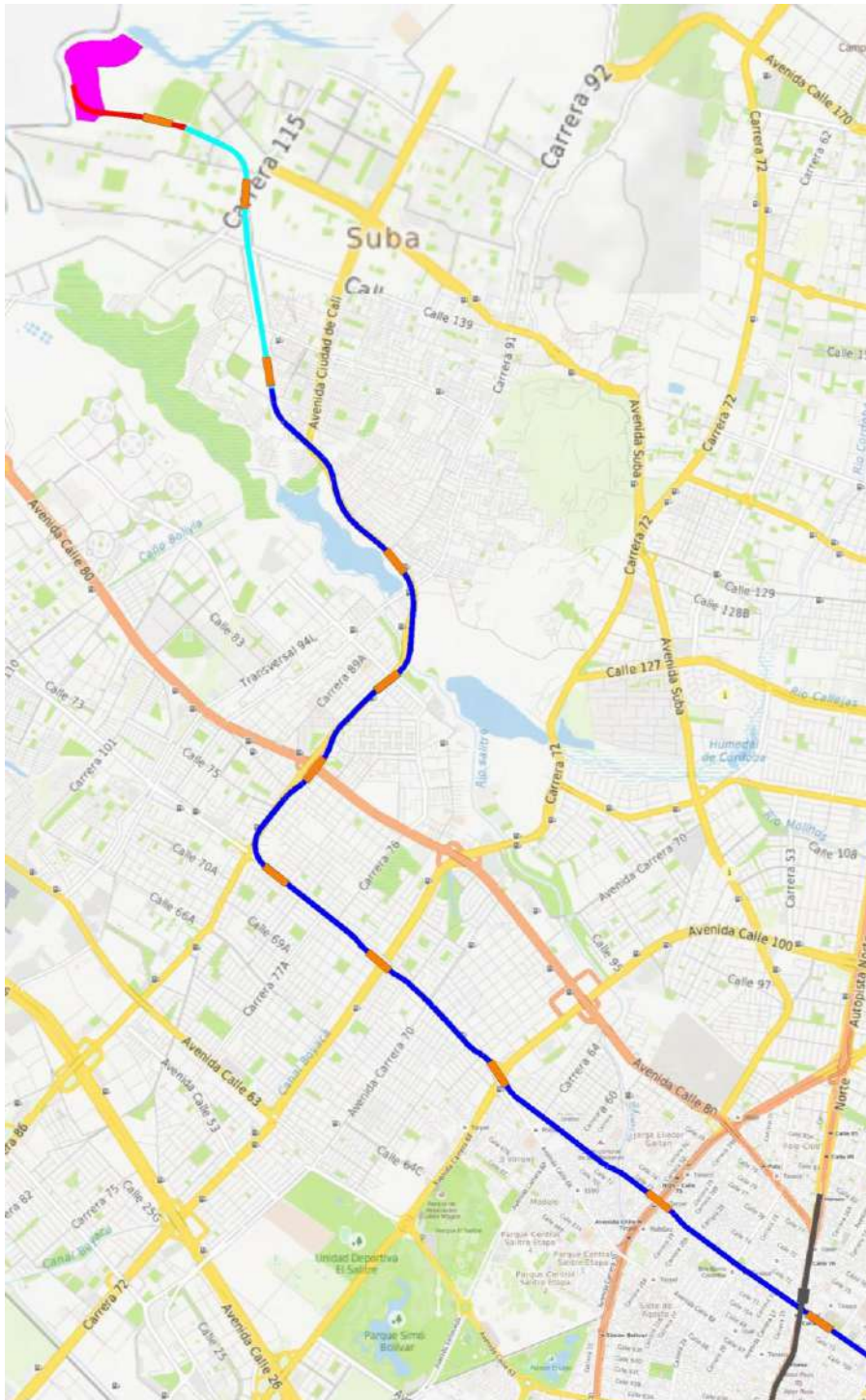
aproximadamente respecto a la actualización de demanda anterior. Esto representa un incremento del 1.23%, el cual es bajo, pero se debe a la L2 la cual atrae más usuarios al transporte público.

- 7.22 Con base en los resultados presentados anteriormente, se recomienda hacer el dimensionamiento de infraestructura con los resultados obtenidos para la Oferta 1, debido a que tiene en cuenta el caso más crítico en términos de demanda en la hora pico.
- 7.23 Para el diseño operacional y cálculo de costos de operación OPEX se recomienda usar un escenario intermedio (Oferta 0 y Oferta 2) en el cual se observa una carga máxima de 50.000 pasajeros/hora/sentido norte-sur para la L2.

8 Conclusiones y recomendaciones sobre el nodo de terminación óptimo

- 8.1 Teniendo en cuenta que la alternativa de mejor desempeño definida en el Entregable 2 corresponde al corredor de la Calle 72 – Av. Cali, con sus respectivas tipologías mixta y subterránea, las cuales obtuvieron en dicho análisis unos resultados o calificaciones cuyas diferencias se pueden considerar marginales; se desarrolló para la definición del nodo de terminación, como complemento del análisis, la comparación de alternativas de línea versus las opciones de localización del patio-taller que resultaron viables luego del filtro de área mínima requerida y factibilidad operacional, geométrica y ambiental.
- 8.2 Las alternativas de línea analizadas fueron definidas en función de la posible localización del patio-taller, lo que implicó realizar una evaluación en el tramo final de la alternativa de mejor desempeño a partir del cruce del Humedal Juan Amarillo en donde se optó por utilizar la reserva vial de la ALO (sector norte entre la calle 126 y la calle 145) como un eje opcional, apto para el desarrollo del proyecto de expansión de la PLMB en la localidad de Suba y mantener el corredor de la Av. Cali hasta el Portal de Suba.
- 8.3 Este ejercicio consolidó entonces cuatro (4) alternativas de línea, las cuales se evaluaron con la metodología de la matriz multicriterio, la cual determinó que la alternativa correspondiente al corredor Calle 72 – Av. Cali – ALO, tipología Subterránea, con 93.25/100 puntos, es la alternativa mejor calificada y por tal motivo es la recomendada para realizar la validación de la mejor combinación con los polígonos viables de localización del patio-taller.
- 8.4 De otra parte, el análisis de la mejor alternativa de localización del patio-taller con base en los resultados de la combinación de los criterios de costo, riesgo predial, marco normativo y ambiental, distancia del nodo común de terminación y tiempo para su viabilidad, arrojaron que el mejor polígono corresponde al denominado “Fontanar del Río”, el cual obtuvo una calificación final de 4.35/5.0, por lo cual se recomienda como la mejor alternativa para la ubicación del patio-taller.
- 8.5 De la combinación de los anteriores análisis, se obtiene como resultado que la alternativa mejor calificada para la definición del nodo de terminación corresponde al trazado de metro subterráneo, el cual inicia en la Calle 72 x Av. Caracas en conexión con la PLMB, discurre por la calle 72 hasta llegar a la Av. Ciudad de Cali, para luego tomar dicha avenida con dirección norte hasta la altura de la Calle 128ª (aproximadamente) y cruzar bajo el barrio Nueva Colombia, para seguir por la reserva vial de la ALO hasta llegar a la calle 145, punto en el cual se dirige al occidente hasta llegar al polígono denominado “Fontanar del Río” en el borde del Río Bogotá, sitio donde se localizará el patio-taller. La línea tendrá un total de 11 estaciones y una longitud estimada de 15.8 km.

Figura 8.71 Alternativa mejor desempeño Calle 72-Cali-ALO-Patio Fontanar



Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 8.6 Esta combinación de alternativa de línea y ubicación de patio tiene un valor aproximado de COP \$13 billones, por lo que a partir de dicha información se realizó el ejercicio para la definición del “Proyecto de Expansión Priorizado”, teniendo en cuenta los escenarios de fuentes de financiación y las premisas necesarias para la operación de la expansión de la PLMB, que entre otras incluye la

necesidad de contar con la totalidad de la línea y un patio taller, al ser una línea completamente nueva e independiente.

- 8.7 La estimación del Capex del presente documento representa un cálculo basado en supuestos e información secundaria, acorde con el nivel de prefactibilidad del proyecto, por lo cual se espera que el nivel de incertidumbre baje conforme se realice estudios más detallados propios de las fases posteriores del proceso de planeación del proyecto. En este sentido, si por ejemplo se reduce el nivel de incertidumbre estimado en el Capex a la mitad, se obtiene un valor total aproximado para la ejecución del proyecto de 12.1 Bn, con lo cual el escenario de \$COP 12.3 bn en la estimación de las fuentes de pago se podría construir la totalidad del proyecto, aspecto que será validado en la fase 3 de este proyecto.
- 8.8 Dentro del alcance propio de pre-factibilidad y validando la información secundaria disponible suministrada por varias entidades del orden distrital, propias de este nivel de estudio, se ha recomendado continuar con un trazado de tipología mixta y subterránea, el cual en las siguientes etapas (fase 3 del presente contrato y posteriormente la factibilidad), se recomienda tomar como base para estudios de mayor detalle con información de campo, que puedan ratificar o ajustar en algún grado las recomendaciones presentadas en este informe y estudio.
- 8.9 No se observan grandes cambios en las ofertas y cortes temporales analizados. En el corte temporal 2050 y la oferta conservadora, que sería el caso más crítico, donde la demanda es mayor y la red de transporte no incluye una expansión importante, la carga máxima de la PLMB-T1 alcanza los 70.000 pasajeros/hora – sentido sur norte y la Línea 2 y cerca de 39.000 pasajeros-hora/sentido norte -sur.
- 8.10 Con base en estas consideraciones y el resultado de la *alternativa de mejor desempeño* obtenida de la aplicación de la matriz multicriterio, se realizó la selección y recomendación del “Proyecto de expansión priorizado”.

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**Otros colaboradores****Distribución**

Cliente:

Steer:

Versión

6

Fecha

21-04-2021

