

Mayo de 2021

Producto 7 – CAPEX, OPEX, Cronograma y Análisis Beneficio Costo del Proyecto

Entregable 11 – CAPEX, OPEX y Cronograma del Proyecto



Financiera de Desarrollo Nacional - FDN

Nuestra ref: 23858501

Ciente ref: Contrato FDN 033 de 2020



Mayo de 2021



Mayo de 2021

Entregable 11 – CAPEX, OPEX y Cronograma del Proyecto

Producto 7 – CAPEX, OPEX, Cronograma y Análisis Beneficio Costo del Proyecto

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	ii
1 Introducción.....	4
Antecedentes	4
Descripción de la SLMB	5
2 Alcance.....	9
3 CAPEX.....	10
Metodología.....	10
Resultados.....	18
4 OPEX.....	22
Costos de personal de operación, gerencia y soporte administrativo	22
Costos de mantenimiento.....	24
Costos de consumo de energía	25
Otros costos	25
Síntesis del OPEX.....	25
5 Cronograma y Plan de inversión	29
Licitación – Acta de Inicio.....	29
Diseño detallado	30
Obra.....	30
Ruta crítica	33
Rendimientos generales.....	34
6 Conclusiones y recomendaciones.....	36

Figuras

Figura 1.1 Esquema Cola de Maniobras.....	5
Figura 1.2 Alternativa de mejor desempeño Calle 72 – Av. Cali – ALO / Subterránea / Línea nueva.....	7
Figura 1.3 Patio Taller – Predio Fontanar del Rio.....	8
Figura 4.4 Costo de Operación y Mantenimiento	26
Figura 4.4 Costo de Operación y Mantenimiento	27

Mayo de 2021

Tablas

Tabla 3.1 Estructura para el cálculo del CAPEX de la SLMB	10
Tabla 3.2 Valor de los predios totales para la construcción de la SLMB.....	17
Tabla 3.3 Valor de los predios requeridos para la construcción de la SLMB	17
Tabla 3.4 CAPEX estimado con predios totales para la SLMB.....	20
Tabla 3.5 CAPEX estimado con predios requeridos para la SLMB	21
Tabla 4.6 Estimación de tarifas personal	23
Tabla 4.7 Estimación de días, hora y turnos	23
Tabla 4.8 Estimación del personal de operación y mantenimiento.....	23
Tabla 4.9 Costo promedio anual de operación	25
Tabla 4.10 Tiempo de vida útil por componente	28
Tabla 5.11 Cronograma.....	29
Tabla 5.12 Plan de inversión	34

Anexos

Anexo A. CAPEX detallado

Anexo B. Cronograma

Anexo C. Plan de Inversión

Anexo D. Ruta Crítica

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

Mayo de 2021

- 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
- 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 – ALO
- Segunda Línea Metro Bogotá - SLMB

1 Introducción

Antecedentes

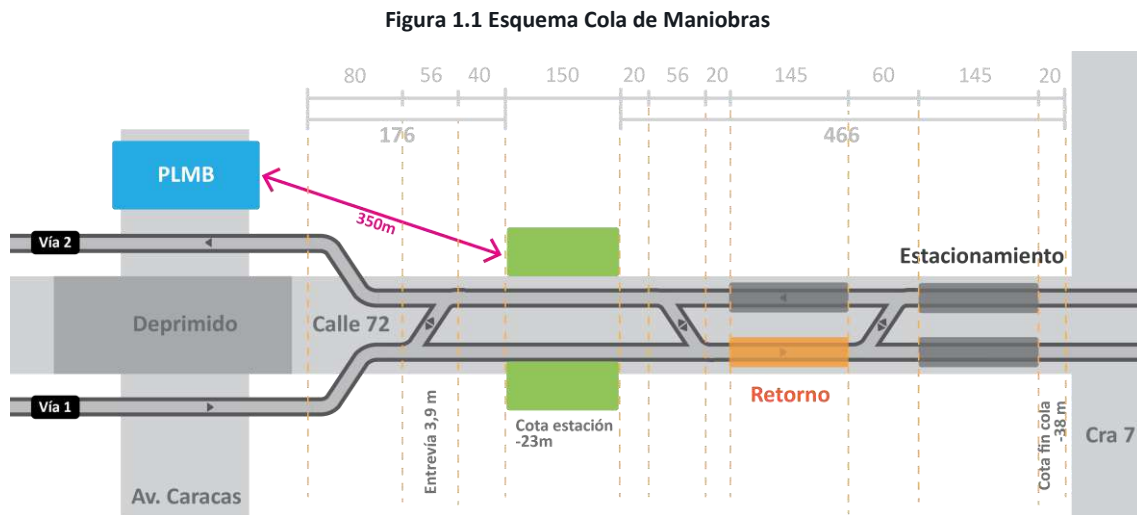
- 1.1 Bogotá como región capital, en aras de mejorar la calidad de vida de sus habitantes, ha venido trabajando en la transformación de su infraestructura en materia de movilidad para todos los modos de transporte, con el fin de que funcionen perfectamente, mediante una programación y operación unificada. Para el caso del transporte público masivo y como parte de este proceso, se busca tener un Sistema Integrado de Transporte mucho más completo y armonioso que incluya varios tipos de servicios, es así como surge la incorporación del sistema metro como nueva opción de medio de transporte.
- 1.2 Bajo este entendido y enfocados en el marco de la red de transporte masivo, además de materializar el desarrollo de la primera línea de metro de Bogotá (PLMB), se proyecta robustecer dicho sistema identificando y teniendo en cuenta la zona de expansión a priorizar logrando el mayor beneficio para la ciudad.
- 1.3 Por tal razón se estructura la expansión de la Primera Línea de Metro de Bogotá - PLMB –T1 o Segunda Línea de Metro de Bogotá - SLMB, mediante el contrato FDN 033 de 2020 cuyo objeto es “Formulación, análisis y priorización de alternativas para la expansión del PLMB-T1, y elaborar los estudios y diseños a nivel de prefactibilidad de la alternativa seleccionada para la expansión de la PLMB-T1”.
- 1.4 El contrato 033 de 2020 establece una evaluación multidisciplinaria distribuida en tres (3) fases con diferentes niveles de detalle, que logra la definición de un corredor óptimo a nivel de prefactibilidad, articulando la operación de la extensión del Sistema Metro con la PLMB y otros proyectos de transporte de la Región Bogotá – Cundinamarca (Regiotram).
- 1.5 En una primera fase o fase uno (1) del contrato 033 de 2020, se realizaron los análisis correspondientes para definir la zona de expansión, la cual arrojó como resultado que la localidad de Suba es la zona o cuenca de la ciudad priorizada hacia donde debería ir la SLMB.
- 1.6 Una vez identificada la Zona de expansión priorizada, se busca conectar la PLMB con la Localidad de Suba, para lo cual se formularon diferentes alternativas de líneas, las cuales fueron desarrolladas en la fase dos (2) de este estudio; es así como se obtiene la línea que discurre en los corredores de la Calle 72, Av. Cali y ALO., como la alternativa de mejor desempeño o mejor calificada mediante una metodología de evaluación por medio de una matriz multicriterio.
- 1.7 Posteriormente se configura el nodo de terminación, mediante la incorporación de diferentes opciones de localización de patio taller y se adelantó igualmente, una evaluación multicriterio para la zona norte del trazado, incluyendo en la evaluación el tramo de la Avenida Longitudinal de Occidente ALO, entre Av. Cali y Av. Suba, el cual arrojó como resultado para el nodo de

terminación, el proyecto de expansión priorizado (PMLB - T2) con terminación en el polígono denominado “Fontanar del Río”, en el cual se implantará el patio-taller.

- 1.8 Finalmente, en la fase tres (3) del proyecto, se desarrollan los estudios de prefactibilidad técnica para esta alternativa, contenidos en los productos 4,5,6 Y 7, definidos en los términos de referencia del contrato, el presente documento contiene el desarrollo del entregable 11 (CapEx) de la SLMB detallada a continuación:

Descripción de la SLMB

- 1.9 La SLMB, presenta una infraestructura mixta mediante la incorporación de dos (2) tipologías de metro: subterráneo y elevado, con una longitud de 15.8 km aproximadamente. Esta línea, comprende además una cola de maniobras en su extremo oriental, 11 estaciones y un patio taller, discurriendo por los corredores de la Calle 72, Avenida Ciudad de Cali, reserva vial ALO y la extensión de la Avenida Transversal de Suba.
- 1.10 El K0+000 se localiza en la Calle 72 a 60 m al oriente de la Carrera 7, donde se contempla una cola de maniobras en tipología subterránea, la cual alberga la zona para maniobras de retorno con sus respectivos cambiavías y una zona para parqueo con capacidad para albergar tres trenes, todo ello con el fin de permitir una adecuada operación de la SLMB, ver Figura 1.1; después de la cola de maniobras, encontramos la estación No. 1 ubicada en la Calle 72 entre las abscisas K0+466 a la K0+616, estación que servirá de integración con los modos de transporte masivo TransMilenio (estación calle 72) y la Primera Línea de Metro de Bogotá PLMB (Estación 16).



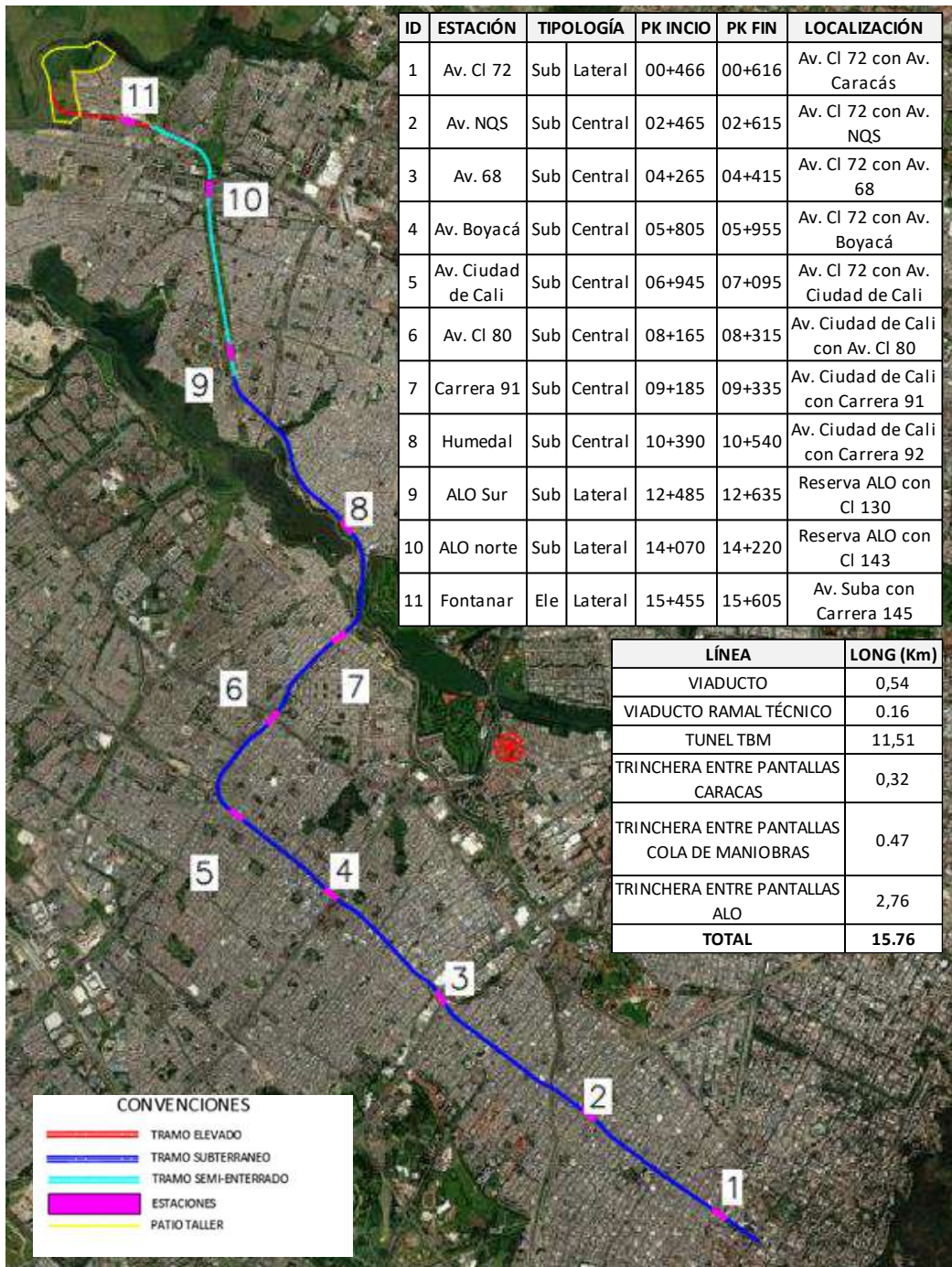
Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021

- 1.11 Al occidente de la Avenida Caracas en el corredor de la Calle 72, se proyecta el primer tramo subterráneo de la SLMB mediante la construcción de dos (2) túneles de 7 m de diámetro cada uno, aproximadamente, tipología que continúa hasta llegar a la actual reserva de la ALO.
- 1.12 La estación N° 2 se localiza entre el K2+465 y el K2+615, a la altura de la calle 72 con la Avenida Ciudad de Quito o Carrera 30, estación que tendrá integración con el proyecto de Regiotram Norte y el TransMilenio de la NQS. La estación N° 3 se encuentra localizada entre las abscisas

K4+265 al K4+415, a la altura de la intersección de la Calle 72 costado sur con la Avenida 68, estación que tendrá integración con la futura Estación de la Troncal de TransMilenio de la Av. 68. La estación N° 4 se localiza entre las abscisas K5+805 al K5+955, sobre el mismo costado en el cruce de la Calle 72 con la Avenida Boyacá. La estación N° 5 la última sobre el corredor de la calle 72 se ubica entre las abscisas K6+945 a la K7+095.

- 1.13 Posteriormente, el alineamiento toma dirección norte por el eje de la Avenida Ciudad de Cali o carrera 86, hasta la calle 75 donde toma el costado oriental del corredor para llegar a la estación N° 6 localizada entre las abscisas del K8+165 al K8+315, en inmediaciones del cruce con la Avenida Calle 80, posteriormente por este mismo corredor se llega a la estación N° 7 ubicada entre las abscisas K9+185 al K9+335, a la altura de la calle 90, la estación N° 8) se encuentra ubicada entre el K10+390 al K10+540, al costado norte en la reserva del futuro proyecto de la Troncal TransMilenio de la Avenida Ciudad de Cali a la altura de la carrera 93.
- 1.14 En la Av. Ciudad de Cali a la altura de la carrera 103 se cruza el barrio Nueva Colombia para encontrar la reserva de la ALO. En la reserva de la ALO se cambia el alineamiento vertical, elevando la rasante de la línea para lograr una profundidad aproximada de 7 metros lo que permite modificar el sistema constructivo pasando de excavación con tuneladora a excavación abierta en trinchera.
- 1.15 Sobre la reserva vial de la ALO se localiza la estación N° 9 ubicada entre las abscisas K12+485 al K12+635 a la altura de la calle 130. La estación N° 10) se localiza entre las abscisas K14+070 al K14+220 a la altura de la calle 134 A, en este punto la línea discurre al occidente por la Calle 145 o Transversal de Suba pasando de tipología semienterrada a tipología elevada, a partir de la abscisa K15+060.
- 1.16 La estación N° 11 se localiza entre las abscisas K15+455 al K15+605, esta estación está proyectada con tipo mezzanine con una cota riel aproximada de 9 m sobre el terreno existente, el planteamiento anteriormente descrito, se detalla en la siguiente Figura 1.2:

Figura 1.2 Alternativa de mejor desempeño Calle 72 – Av. Cali – ALO / Subterránea / Línea nueva



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

- 1.17 Desde la estación 11, la línea discurre elevada hasta llegar a inmediaciones del polígono denominado “Fontanar del Río” destinado para la instalación del patio-taller, cuya localización se detalla en la siguiente Figura 1.3 .

2 Alcance

- 2.1 El presente documento contiene la descripción y cálculo del presupuesto a nivel de prefactibilidad del CAPEX y del OPEX de la Fase 3 del Contrato, con la metodología, la información y los supuestos adoptados, así como el cronograma y el objeto principal de este entregable, el plan de inversión, establecidos para la ejecución del proyecto de la Segunda Línea Metro de Bogotá - SLMB.
- 2.2 Se exponen los criterios y las fuentes que fueron utilizadas para el cálculo de las inversiones tanto de capital CAPEX, como los costos de operación y mantenimiento OPEX, y la forma como fueron distribuidos en el tiempo, en concordancia con el cronograma de la etapa de inversión del proyecto, para determinar el Plan de Inversiones necesarias para la ejecución del proyecto Segunda Línea del Metro de Bogotá (SLMB), con lo cual se pretende dar el alcance requerido en el Anexo 6 – Especificaciones Técnicas del Contrato.

3 CAPEX

3.1 Para el cálculo del presupuesto de inversión para la SLMB se adoptó información secundaria extraída de los estudios de factibilidad y prefactibilidad de proyectos similares, principalmente de los que han sido motivo de análisis y de referencia a las soluciones propuestas y ya adoptadas para la Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB). Para este estudio se utilizó una estructura de costos dividida en 15 capítulos sin incluir predios, los cuales una vez analizados resultaron en un indicador costo de inversión por kilómetro -en la mayoría de ellos-, en pesos colombianos actualizados al mes de diciembre de 2020. Dicha estructura puede ser apreciada en la Tabla 3.1

Tabla 3.1 Estructura para el cálculo del CAPEX de la SLMB

Ítem	Descripción
1	Línea
2	Obras de estructuras afectadas
3	Centro de Control Operacional CCO
4	Urbanismo y paisajismo
5	Desvíos de redes
6	Desvíos de tráfico PMT
7	Estaciones
8	Patio taller
9	Alimentación eléctrica
10	Señalización y control de trenes
11	Instalaciones y equipos para los túneles
12	Puertas de andén
13	Comunicaciones
14	Superestructura de la vía
15	Material rodante

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

Metodología

3.2 La metodología adoptada para la obtención de los indicadores mencionados se basa en el análisis de los 15 capítulos asociados directamente a la infraestructura del sistema, divididos entre Obra Civil, Sistema Ferroviario y Costos Adicionales dentro de los que se cuentan rubros específicos para gestión ambiental, social y predial, estudios y diseños, topografía, estudio catastral, estudios geotécnicos, desvío de tráfico, asistencia técnica en fase de licitación,

diseño y de obra, interventoría de obra, auscultación y asistencia técnica a la operación, tal como se presenta a continuación:

Obra Civil

- Línea

3.3 Este capítulo comprende las cuatro estructuras principales que harán parte de la construcción de la SLMB, resumidas así:

- (a) Viaducto de 1,3 km de longitud desagregados en 540m de línea, 160 m de ramal técnico y dos tramos de 300 m que se desarrollan dentro del patio taller,
- (b) Túnel (bitúnel) con TBM de 10,45 km conformado por una sección de 2 túneles de 7 metros de diámetro cada uno,
- (c) Trinchera entre pantallas profundas, de las cuales 466 m corresponden a la cola de maniobra y 324 m al tramo que conecta al túnel bitubo, con profundidades entre 15 y 40 m para la construcción de la estación de integración subterránea de la Av. Caracas y las estaciones 2 a 8 a una profundidad aproximada de 13m,
- (d) Trinchera entre pantallas poco profundas de 2,76 km de largo en la Avenida Longitudinal de Occidente - ALO, con profundidades entre 5 y 10 m, en la cual se proyectan las estaciones N° 9 y 10 semienterradas.

3.4 El indicador de costos del viaducto se basó en el estudio comparativo propuesto por la Estructuración Técnica del Tramo 1 de la Primera Línea del Metro de Bogotá de noviembre de 2016 elaborada por Systra, el cual muestra valores a precios de diciembre de 2016 del orden de COP\$65.500 millones por km, acorde con una condición de viaducto estándar a ser construido en la zona noroccidental de la ciudad, sin puntos singulares de interferencia y con una calidad de los suelos de mediana capacidad portante, blandos y compresibles, en una condición lacustre dominante en el lugar donde se sitúa el viaducto de la SLMB.

3.5 El valor adoptado para este indicador es tomado con valores de incertidumbre y de riesgo propios de la zona de emplazamiento del viaducto, en consideración a unas condiciones geotécnicas mejores a las del piedemonte sabanero, dominantes en la zona oriental, y a unas condiciones peores a las arcillosas preconsolidadas, dominantes en la zona sur de la ciudad, según estudios de microzonificación sísmica y geotécnica.

3.6 Esta conclusión permite la adopción integral del valor presentado por el Consorcio CL1, como una referencia que de alguna forma cuenta con ingeniería de valor y principalmente, porque es comparable con proyectos internacionales de características geotécnicas parecidas.

3.7 Para el indicador de costos de la excavación subterránea mediante el proceso *TBM (Tunnel Boring Machine)*, se tuvo en cuenta, la adquisición, construcción, transporte, y ensamblaje de dos tuneladoras, la implantación y funcionamiento de dos áreas logísticas para las instalaciones y ocho pozos de lanzamiento y el desensamble de las tuneladoras, además de los costos de excavación, sostenimiento, impermeabilización, anclajes y revestimiento de las excavaciones, junto con las fundaciones de la vía; valorados a partir de los estudios conceptuales de proyectos con condiciones similares ejecutados en Asia, tales como los metros de Singapur y Macao.

- 3.8 Para la estimación del indicador de costos de las trincheras se analizó la ingeniería de valor del Consorcio L1 para las actividades de excavación y construcción de pantallas y para la excavación de la trinchera, comparando los resultados con los análisis propuestos por Systra en el Estudio Comparativo de Alternativas para la PLMB. Se elabora una memoria de cálculo aproximando las cantidades para la SLMB por tipo de trinchera, en función de su profundidad y de la geometría espacial del lugar y se valora con base en los análisis de costo de dichos estudios. Estas cantidades fueron divididas básicamente en tablestacado de pantallas, excavación de trincheras y transporte de materiales, concreto y acero de pantallas, losa superior y contra bóveda.
- Obras y estructuras afectadas
- 3.9 En este capítulo, el análisis hecho al trazado geométrico adoptado arrojó la identificación de dos estructuras del equipamiento existente de la ciudad que serán comprometidas por la construcción de la SLMB. Estas estructuras corresponden a los puentes peatonales de la estación 4 - Av. Boyacá y de la estación 6 – Calle 80 y el valor de su reposición fue concebido a partir del estudio de proyectos locales, uno, convencional en concreto para un proyecto vial de Cuarta Generación 4G, y el otro, más acorde a la realidad del proyecto SLMB, metálico tipo TransMilenio, ambos con longitudes similares a los que se pretende substituir. La estructura escogida corresponde a un puente peatonal en construcción, de 90 metros de largo tipo TM sobre la Av. Laureano Gómez (AK 9) con calle 112 en Bogotá, valorado dentro de los análisis realizados al presupuesto de obras presentado por el IDU en diciembre de 2019.
- Urbanismo y paisajismo
- 3.10 En este capítulo, para la obtención del indicador de costos se adoptó como unidad de medida el m² y para tal, se realizaron los cálculos del área de intervención no solo de las estaciones sino también de todas las áreas urbanas afectadas por la construcción del Proyecto, tales como la urbanización de la calle 72, de la transversal de Suba, del barrio Nuevo Corinto, del patio taller y del intercambio modal. A partir de allí y con los indicadores presentados por el Consorcio CL1 para la ingeniería de valor, se obtuvieron costos por m² en función de la cobertura dominante para las diferentes tipologías presentadas en dicho capítulo.
- Desvío de redes y recuperación
- 3.11 El ejercicio hecho para este capítulo se basó en el estudio de las interferencias encontradas para las redes húmedas, alcantarillado pluvial y sanitario, y de acueducto, detectadas en los colectores de los sistemas pluvial y sanitario del proyecto, principalmente entre los k12+780 al k15+660 que influyen las cuencas de los humedales Juan Amarillo, Conejera y Fontanar y donde se presentarán las mayores interferencias y una mayor complejidad de relocalización dadas las condiciones topográficas y de pendientes, en un tramo donde la excavación subterránea es casi superficial.
- 3.12 Se incorporan los costos asociados a la construcción de las redes pluviales con una extensión ampliación del colector ALO con una longitud de 3,76 km y de la red del colector Av. Ciudad de Cali con una longitud de 0.36 km de línea desviada. Adicionalmente, fue incluido el valor de la implementación del sistema de bombeo desde el pondaje Fontanar hacia el río Bogotá, bajo condiciones que no requerirían ajustes en el volumen de almacenamiento en esta estructura.

- 3.13 De igual manera se incluyeron las interferencias de las redes secas de media y baja tensión, alumbrado público, comunicaciones, gas natural, entre los k0+450 y k15+760 y de semaforización en los cruces del k0+450 al 630 y del k9+170 al 350.
- 3.14 Para las redes húmedas se analizaron los cuantitativos de acuerdo con su localización en planta y en perfil, al tipo de estructura, tubería, box culvert, canalización, sistema de bombeo, etc., y se valoraron con precios de varias fuentes como la ingeniería de valor del Consorcio CL1 actualizada a precios de diciembre de 2020, además de bases de datos del IDU, de la Secretaría de Infraestructura Física de la Gobernación de Antioquia y de otros.
- 3.15 Además, se incrementan en un 30% los valores de cada especialidad para actividades y accesorios no previstos dentro de los análisis puntuales, y de un 20% adicional para las redes menores no identificadas para traslado y/o relocalización en el levantamiento por especialidad.
- 3.16 Para las redes secas se procedió con criterios similares para el análisis de las interferencias por metro de red afectada con soluciones subterráneas de acuerdo al POT de Bogotá, y se valoraron con bases de datos del mercado y del IDU, incrementando también en un 30% los valores de cada especialidad para actividades y accesorios no previstos dentro de los análisis puntuales, y de un 20% adicional para las redes menores no identificadas en el levantamiento por especialidad.
- Desvíos de tráfico – PMT
- 3.17 El ejercicio hecho para este capítulo incluyó un análisis de las interferencias en las principales vías intervenidas del Proyecto, en función de las longitudes de los tramos influenciados por la construcción de la estación de integración subterránea en uno de los puntos neurálgicos de la ciudad en términos de tránsito vehicular y de las demás estaciones del proyecto.
- 3.18 Se adoptaron longitudes de alrededor de 300 metros para las interferencias analizadas en los diferentes cruces con vías arterias, y en función de su criticidad y de la percepción del manejo requerido dado el volumen de tráfico, estos tramos fueron mayorados con indicadores desde el alto extremo caso de las vías arterias que cruzan la calle 72 a la altura de la estación de integración, hasta el bajo, caso de las vías del área de influencia de las estaciones 9, 10 y 11, resultando en costos diferenciados.
- 3.19 Para su valoración, fueron utilizados los indicadores por km de la ingeniería de valor del Consorcio CL1, actualizados al mes de diciembre de 2020.
- Estaciones
- 3.20 En este capítulo también se adoptó como unidad de medida el m2 para el cálculo del indicador de costos, el cual se basó en la utilización de costos propuestos por los especialistas de Egis para proyectos similares ejecutados en Europa y Asia.
- 3.21 Se calcularon las áreas de intervención para las estaciones según su tipología y sistema constructivo así:
- (a) trinchera enterrada para las estaciones N° 2 a la 8,
 - (b) trinchera semienterrada para las estaciones N° 9 y 10,
 - (c) integración subterránea entre trincheras profundas para la estación N° 1, y

(d) elevada para la estación N° 11,

Considerando las áreas para los diferentes niveles, vestibular, mezanine y andén, además de techos, puertas y fachadas, y de los espacios comerciales y para personal técnico y operativo, incluyendo también los sistemas de señalización y equipos electromecánicos como escaleras, ascensores y estaciones de extracción de humo. En el caso puntual de la estación tipo (a), la obra civil comprendida por fundaciones, pantallas, movimiento de tierras, solera, arriostamiento y estructuras, fue considerada.

Además, de acuerdo con la alternativa adoptada para la construcción de la estación de integración subterránea de la Av. Caracas que incluye cola de maniobras y lugar de estacionamiento, su conexión con la estación 16 de la PLMB y con el corredor verde de la carrera 7, su construcción contempla pasarelas de conexión subterráneas para los peatones, identificadas como tramos 1, 2 y 3 y calculadas en planta con longitudes de 430 y 350 metros respectivamente, aunque con profundidades y anchos diferentes cuyos costos específicos para la obra civil correspondiente a la construcción de las trincheras entre el k0+000 y el k0+791 fueron considerados en el respectivo capítulo.

Como ya se comentó, los supuestos para el cálculo de los indicadores de la obra civil se basaron, en la mayoría de los casos, en la ingeniería de valor obtenida de estudios previos que incluyen el presupuesto del 2015 de la línea del Consorcio CL1 y de la Estructuración Técnica del Tramo 1 de la Primera Línea del Metro de Bogotá de noviembre de 2018, elaborada por el consorcio Systra – Ingetec; además de los estudios y supuestos adoptados por los especialistas de Egis en Francia donde se incluyeron indicadores para proyectos metroferroviarios similares ejecutados en Europa y Asia, así como de otros de fuente propia.

- 3.22 Para este capítulo se adoptó un porcentaje de AIU del 25,8% aproximando su valor a la estructura utilizada por el Consorcio L1 con un horizonte de duración de construcción de 6,5 años, con sus componentes, impuestos del orden de un 12,6%, garantías del orden del 6,9%, gastos de personal del orden de 3,9%, de operación y financieros del orden del 2,4%, diferenciado con respecto al correspondiente Sistema Ferroviario.

Sistema Ferroviario

- 3.23 Los supuestos para los cálculos de los indicadores del sistema ferroviario parten de la experticia y conocimiento de los especialistas de Egis Rail en Francia y fueron establecidos por especialidad, analizando desde este nivel de estructuración, las características funcionales de cada capítulo con sus cuantitativos básicos y valorados según criterios de comparación para proyectos similares ejecutados en Europa y Asia.
- 3.24 Los indicadores fueron calculados no solo para el sistema ferroviario sino para la verificación de algunos capítulos de la obra civil tales como las excavaciones subterráneas del bitubo y la construcción de las estaciones.
- 3.25 Para este capítulo se adoptó un porcentaje de AIU del 19,5% aproximando su valor a la estructura utilizada por el Consorcio L1 con un horizonte de duración de construcción de 6,5 años, apenas con sus componentes, impuestos del orden del 12,6% y garantías del orden del 6,9%, diferenciado con respecto al correspondiente a la Obra Civil.

- Puesto Central de Control

- 3.26 Este capítulo, como todos los del sistema ferroviario, hace parte de una especialidad desarrollada por los especialistas de Egis en Francia, donde se analizó a nivel de prefactibilidad las características funcionales y tecnológicas del edificio que albergará el cerebro del sistema de operación y control de la SLMB, provisto de un sistema de automatización sin conductor de tren conocido como GoA4 (*Grade of Automation 4*), implementado en sistemas metroferroviarios modernos como los de Singapur, Riad y Doha; obteniendo una suma global del indicador de costos del sistema que comprende el edificio y todos los equipos necesarios para el debido funcionamiento.
- Patio taller
- 3.27 Este capítulo como el lugar donde se mantiene el material rodante, los materiales y equipos para las vías y sistemas de línea, además de gestionar parte de la operación, también comprende el espacio de parqueo para una flota de 30 trenes aproximadamente que estará localizado en la localidad de Suba en el lugar conocido como Fontanar del Río en inmediaciones del río Bogotá. Se obtuvo un indicador de costos por unidad de tren a partir de los estudios conceptuales que incluyeron la obra civil con los valores aproximados para su construcción y los equipamientos requeridos para el debido funcionamiento, contemplando también una estimación somera del terraplén necesario para la adaptación del terreno a las condiciones topográficas y en cierta medida, del nivel freático circundante.
- Alimentación eléctrica
- 3.28 El capítulo de alimentación eléctrica estudiado para la SLMB de donde se obtuvo el indicador de costos por kilómetro de línea consideró las instalaciones de media y baja tensión del proyecto, incluyendo subestaciones de alta tensión, subestaciones de tracción energía, estaciones de luz forzada, red de distribución de línea y sistemas de interfonía, video seguridad, información al pasajero, sonorización y telefonía respectivamente.
- Señalización y Control de trenes
- 3.29 El capítulo de señalización y control de trenes estudiado para la SLMB de donde se obtuvo el indicador de costos por kilómetro de línea consideró la tecnología de punta CBTC desde la premisa de una solución tecnológica por medio de la cual se conoce a todo instante la ubicación y la situación de un tren con sus coordenadas de comportamiento dinámico para aprovechar al máximo la capacidad del sistema; considerando en esta etapa de la estructuración todos los equipos de la línea entre balizas, cables y controles para el CBTC, además de 26 sets de equipos para el sistema de embarque y desembarque de tren provisto del sistema de automatización sin conductor de tren conocido como GoA4 (*Grade of Automation 4*).
- Instalaciones de los túneles
- 3.30 El capítulo de instalaciones de los túneles estudiado para la SLMB de donde se obtuvo el indicador de costos por kilómetro de línea consideró las instalaciones eléctricas, hidráulicas, de drenaje, de ventilación y contra incendio necesarias para el funcionamiento de los túneles.
- Puertas andén
- 3.31 El capítulo de puertas de andén estudiado para la SLMB de donde se obtuvo el indicador de costos por estación, consideró el sistema de mamparas al borde del andén que protegen la vía

en el lugar de las estaciones y que se encuentran sincronizadas con las puertas del tren a través de equipos de comando, control y comunicación con el tren.

- Comunicaciones

3.32 El capítulo de las comunicaciones estudiado para la SLMB de donde se obtuvo el indicador de costos por kilómetro de línea consideró los sistemas de radio comunicaciones que incluyen fibra óptica, antenas y controladores de interfase, además de los sistemas de transmisión de voz y datos, radio comunicaciones, telefonía, interfonía, megafonía, información al viajero, CCTV, cronometría y sistemas de recaudo.

- Superestructura de la vía

3.33 El capítulo de la superestructura de la vía estudiado para la SLMB de donde se obtuvo el indicador de costos por kilómetro de línea consideró las instalaciones del tendido de la vía férrea tanto subterránea como en trinchera y en viaducto, con todo lo que comprende la actividad, entre durmientes, rieles, tensores y soldaduras; los aparatos de vía, sus motores y la conexión a las cajas de interfase y el tercer riel para la alimentación eléctrica junto con la estructura para el camino de los cables.

- Material rodante

3.34 El capítulo correspondiente al material rodante para la SLMB de donde se obtuvo el indicador de costos por unidad de tren consideró un total de 26 trenes de 145 metros de largo con entre 6 y 7 vagones, además de un simulador de conducción.

Costos Adicionales

- Estudios y diseños

3.35 Para establecer el indicador de costos para este rubro se estimó un valor del 4% sobre el costo directo del proyecto, utilizando como fuente la estructuración de prefactibilidad de una APP de iniciativa privada estructurada en 2015 para la adecuación de la Av. Boyacá al sistema TransMilenio, corroborado también por la información obtenida de los estudios realizados para la PLMB.

- Topografía, estudio catastral, estudios geotécnicos, relevamientos de tráfico

3.36 Para establecer el indicador de costos para este rubro se estimó un valor del 3% sobre el costo directo del proyecto, utilizando como fuente la estructuración de prefactibilidad de una APP de iniciativa privada estructurada en 2015 para la adecuación de la Av. Boyacá al sistema TransMilenio.

- Manejo ambiental y social

3.37 Este rubro de gran relevancia actual con enfoque en la preservación del medio ambiente requiere de una estimación del planeamiento estratégico y operacional para esta gestión, por lo que a diferencia de otras épocas, su estimación actual está en torno de un 2,5% del costo directo del proyecto, buscando medir los costos que demande el manejo de los sistemas biótico, abiótico y socio económico de la SLMB, utilizando como fuente los estudios realizados para la PLMB.

- Gestión predial

3.38 Para el cálculo de este rubro se cuenta con el total de los predios requeridos por el proyecto en un total de 1.836 comprendidos en 9 sectores, y su valor fue calculado con información suministrada por la Empresa Metro de Bogotá – EMB, tal como puede ser apreciado en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Valor de los predios totales para la construcción de la SLMB

Sector	Descripción	Valor COP\$ en millones
1	Áreas logísticas	\$ 83.802,16
2	Corredor verde	\$ 4.955,03
3	Estaciones y accesos	\$ 368.851,65
4	Patio taller Fontanar del Río	\$ 46.020,25
5	Zona de intercambio modal	\$ 11.505,72
6	Línea férrea tramo subterráneo	\$ 509.010,81
7	Línea férrea tramo semi subterráneo	\$ 167.281,62
8	Línea férrea tramo elevado	\$ 5.088,35
9	TransMilenio Av. Ciudad de Cali	\$ 448.502,51
Valor total predios totales SLMB		\$ 1.645.018,10

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021, con datos de la EMB

3.39 Para mayor claridad se presenta también la valoración de los predios requeridos directamente por el proyecto, en un total de 1.416 que están comprendidos en 5 sectores, tal como puede ser apreciado en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Valor de los predios requeridos para la construcción de la SLMB

Sector	Descripción	Valor COP\$ en millones
1	Áreas logísticas	\$ 83.802,16
2	Estaciones y accesos	\$ 368.851,65
3	Patio taller Fontanar del Río	\$ 46.020,25
4	Línea férrea tramo semi subterráneo	\$ 167.281,62
5	TransMilenio Av. Ciudad de Cali	\$ 448.502,51
Valor total predios requeridos SLMB		\$ 1.114.458,19

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021, con datos de la EMB

- Asistencia técnica en fase de licitación, de diseño y de obra

3.40 Para establecer el indicador de costos para este rubro se estimó un valor del 0,75% sobre el costo directo más el AIU sobre la obra civil del proyecto, utilizando como fuente de comparación el valor de COP\$50.000 millones en la estructuración de la etapa de factibilidad de la PLMB.

- Interventoría de obra

- 3.41 Para establecer el indicador de costos de este rubro se estimó un valor del 3,5% sobre el costo directo del proyecto, utilizando como fuente la información del CAPEX de la PLMB donde además de la interventoría con un valor aproximado al 2,5%, se tiene también la gerencia de obra y otros gastos de la PMO con un 1%.
- Auscultación
- 3.42 Para establecer el indicador de costos para la auscultación y el acompañamiento de la evolución de la obra en general, excavaciones subterráneas y a cielo abierto (instrumentación geotécnica y topográfica para medir y monitorear asentamientos y convergencias, no solo de la obra en sí, sino de las edificaciones aledañas), se estimó un valor del 0,5% sobre el costo directo más el AIU sobre la obra civil del proyecto, utilizando como fuente de comparación un valor de COP\$50.000 millones en la ingeniería de valor del Consorcio L1 para la PLMB.
- Asistencia técnica a la operación 1%
- 3.43 Para establecer el indicador de costos para este rubro se estimó un valor conservador del 1% sobre el costo directo más el AIU sobre la obra civil del proyecto, bastante relativo según criterio de los especialistas de Egis ya que su adopción depende de la estrategia implementada por el cliente en el sentido de externalizar controles de calidad, plazos y decisiones estratégicas de mucha relevancia para el proyecto.
- 3.44 Ante la posibilidad de que estos gastos adicionales del contrato de la SLMB, a excepción de los costos prediales, se conviertan en subcontratos, los valores fueron incrementados en un 19% correspondiente al IVA.

Resultados

- 3.45 El CAPEX obtenido para esta fase 3 del Contrato se obtuvo para los capítulos de la obra civil con un nivel de prefactibilidad a los que se aplicó un factor de incertidumbre del orden del 10 % el cual se justifica por el nivel de asertividad de los estudios basados en información secundaria extraída de estudios de proyectos en nivel de factibilidad realizados en la ciudad de Bogotá.
- 3.46 Lo anterior supone riesgos sobre los métodos, rendimientos y la complejidad de la construcción, teniendo en cuenta entre otros, el contexto geotécnico de Bogotá, además de la densificación urbana de las redes de servicios públicos.
- 3.47 Para los capítulos del sistema ferroviario, este nivel de prefactibilidad fue concebido también con la aplicación de un factor de incertidumbre del 10%, previendo en este caso no tanto la incertidumbre en cuanto a las cantidades de obra, sino a los valores de los equipos electromecánicos en el mercado internacional cotizados en moneda extranjera. Estos indicadores con sus niveles de incertidumbre serán eliminados o reducidos en una etapa posterior del proyecto.
- 3.48 En la actual fase no se pretende obtener un grado de acercamiento a valores de actividades específicas como la excavación subterránea, sus tratamientos y revestimiento; así como los tratamientos de impermeabilización y conformación del terreno del patio taller y de la excavación y construcción de la estación de integración subterránea, por mencionar los más

relevantes, sobre los cuales en los actuales estudios se establecen los factores de incertidumbre mencionados.

- 3.49 Los análisis de la ingeniería de factibilidad o de detalle darán cuenta futuramente de un valor más acorde con la realidad de su diseño.
- 3.50 La obra para el sistema ferroviario cuenta con fuentes de indicadores de valor más convencionales y predecibles, al igual que sus cantidades, ya que estas corresponden a unidades cuyos cuantitativos están determinados desde la concepción básica de la obra, así por ejemplo, la longitud de vía dada en metros para el sistema eléctrico y de comunicaciones y el número de estaciones para valores según su tipología.
- 3.51 Concomitante al cálculo de estas subdivisiones y con los ratios de rendimiento y avance presentados en el Capítulo 4 del Entregable 3 – Análisis del Nodo de Terminación, en el apartado Componente del Proceso Constructivo, las actividades para los 15 capítulos sin contar predios, fueron divididas grosso modo, en la construcción de la línea dividida a su vez en tramos subterráneo, entre trincheras y elevado; la construcción de estaciones incluyendo la principal o de integración con la PLMB, el patio taller y el sistema ferroviario, además de las áreas industriales necesarias para la implantación de la logística de los servicios de excavación, producción de concretos, depósito de materiales, almacenes y otros, y los pozos de lanzamiento en los diferentes frentes de obra.
- 3.52 El CAPEX obtenido para la fase 3 de este Contrato puede ser apreciado en las Tablas 3.4 con detalle editable en el Anexo A y 3.5, como un indicativo del valor que incluye la opción mínima de compra de predios requeridos.

Tabla 3.4 CAPEX estimado con predios totales para la SLMB

CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN	%	VALOR (MILLONES COP\$)
1	LÍNEA	KM	\$ 1.668.542
2	OBRAS DE ESTRUCTURAS AFECTADAS	GL	\$ 14.639
3	CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL	KM	\$ 40.415
4	URBANISMO Y PAISAJISMO	M2	\$ 101.041
5	DESVÍO DE REDES	KM	\$ 52.116
6	DESVÍOS DE TRÁFICO (PMT)	KM	\$ 35.418
7	ESTACIONES	M2	\$ 2.988.371
8	PATIO TALLER	UN	\$ 539.247
9	ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	KM	\$ 248.490
10	SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES	KM	\$ 185.780
11	INSTALACIONES Y EQUIPOS PARA LOS TÚNELES	KM	\$ 50.930
12	PUERTAS DE ANDÉN	KM	\$ 186.799
13	COMUNICACIONES	KM	\$ 42.048
14	SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA	KM	\$ 204.845
15	MATERIAL RODANTE	UN	\$ 1.130.541
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$ 7.489.222
A.I.U. OBRA CIVIL		25,8%	\$ 1.404.543
A.I.U. SISTEMA FERROVIARIO + M.R.		19,4%	\$ 396.569
IVA SOBRE UTILIDAD (3%)		19%	\$ 42.689
TOTAL COSTOS DIRECTOS + A.I.U. + IVA SOBRE UTILIDAD			\$ 9.333.023
COSTOS ADICIONALES			
ESTUDIOS Y DISEÑOS		4%	\$ 356.487
TOPOGRAFÍA, ESTUDIO CATASTRAL, ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, RELEVAMIENTOS DE TRÁFICO		3%	\$ 267.365
MANEJO AMBIENTAL Y SOCIAL		2,5%	\$ 222.804
GESTIÓN PREDIAL			\$ 1.645.018
ASISTENCIA TÉCNICA EN FASE DE LICITACIÓN, DE DISEÑO Y DE OBRA		0,75%	\$ 79.377
INTEVENTORÍA DE OBRA		3,50%	\$ 311.926
AUSCULTACIÓN		0,50%	\$ 52.918
ASISTENCIA TÉCNICA A LA OPERACIÓN		1%	\$ 105.836
TOTAL COSTOS ADICIONALES			\$ 3.041.731
FACTOR DE INCERTIDUMBRE SISTEMA FÉRREO + MAT. RODANTE		10%	\$ 234.985
FACTOR DE INCERTIDUMBRE OBRA CIVIL		10%	\$ 628.147
TOTAL CAPEX ESTIMADO			\$ 13.237.887

Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021, con datos de la EMB

Tabla 3.5 CAPEX estimado con predios requeridos para la SLMB

CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN	%	VALOR (MILLONES COP\$)
1	LÍNEA	KM	\$ 1.668.542
2	OBRAS DE ESTRUCTURAS AFECTADAS	GL	\$ 14.639
3	CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL	KM	\$ 40.415
4	URBANISMO Y PAISAJISMO	M2	\$ 101.041
5	DESVÍO DE REDES	KM	\$ 52.116
6	DESVÍOS DE TRÁFICO (PMT)	KM	\$ 35.418
7	ESTACIONES	M2	\$ 2.988.371
8	PATIO TALLER	UN	\$ 539.247
9	ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	KM	\$ 248.490
10	SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES	KM	\$ 185.780
11	INSTALACIONES Y EQUIPOS PARA LOS TÚNELES	KM	\$ 50.930
12	PUERTAS DE ANDÉN	KM	\$ 186.799
13	COMUNICACIONES	KM	\$ 42.048
14	SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA	KM	\$ 204.845
15	MATERIAL RODANTE	UN	\$ 1.130.541
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$ 7.489.222
A.I.U. OBRA CIVIL		25,8%	\$ 1.404.543
A.I.U. SISTEMA FERROVIARIO + M.R.		19,4%	\$ 396.569
IVA SOBRE UTILIDAD (3%)		19%	\$ 42.689
TOTAL COSTOS DIRECTOS + A.I.U. + IVA SOBRE UTILIDAD			\$ 9.333.023
COSTOS ADICIONALES			
ESTUDIOS Y DISEÑOS		4%	\$ 356.487
TOPOGRAFÍA, ESTUDIO CATASTRAL, ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, RELEVAMIENTOS DE TRÁFICO		3%	\$ 267.365
MANEJO AMBIENTAL Y SOCIAL		2,5%	\$ 222.804
GESTIÓN PREDIAL			\$ 1.114.458
ASISTENCIA TÉCNICA EN FASE DE LICITACIÓN, DE DISEÑO Y DE OBRA		0,75%	\$ 79.377
INTEVENTORÍA DE OBRA		3,50%	\$ 311.926
AUSCULTACIÓN		0,50%	\$ 52.918
ASISTENCIA TÉCNICA A LA OPERACIÓN		1%	\$ 105.836
TOTAL COSTOS ADICIONALES			\$ 2.511.171
FACTOR DE INCERTIDUMBRE SISTEMA FÉRREO + MAT. RODANTE		10%	\$ 234.985
FACTOR DE INCERTIDUMBRE OBRA CIVIL		10%	\$ 628.147
TOTAL CAPEX ESTIMADO			\$ 12.707.327

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

4 OPEX

- 4.1 De acuerdo con las hipótesis establecidas en el plan de operación desarrollado en la fase 3 del contrato, nos permite tener una estimación preliminar de los costos de operación y mantenimiento (Opex) de la SLMB. Se han considerado 2 horizontes distintos para la producción de transporte:
- (a) Uno, considerando que, a partir de la apertura de la línea en el año 2030, el intervalo en hora pico es de 2.4 minutos, lo cual requiere un total de 22 trenes (cada uno con 145m de largo y 6 o 7 coches) y corresponde a una producción anual de 2821 .074 tren-km.
 - (b) El otro considerando que, a partir del año 2050 se supone que el aumento de tráfico requiere un intervalo de 2.2 minutos, necesitando 26 trenes en total y 2939 .480 tren-km anuales.
- 4.2 Los costos operacionales incluyen todos los costos de mano de obra, materiales, energía, seguros y gastos generales relacionados con la operación y el mantenimiento de todos los componentes de la SLMB, incluidos los costos de renovación y reemplazo. Sin embargo, los gastos operacionales pueden variar de acuerdo con las decisiones tomadas por el futuro Operador en términos de organización (incluyendo estrategias de externalización), procedimientos y periodicidades en los planes de mantenimiento.
- 4.3 Esta estimación de costos no incluye los costos asociados con la política fiscal de Colombia (impuestos corporativos e impuestos sobre ingresos/ beneficios) ni el Impuesto al Valor Agregado- IVA. Se expresa en dólares constantes (\$) en las condiciones de 2020, sin inflación. El tipo de cambio utilizado es de 1 US\$= 3427 COP (según tasa con fecha 15/12/2020).
- 4.4 En todos los costos de operación se adiciona un 15% del total para hacer frente a riesgos e imprevistos y tomar en cuenta las incertidumbres asociadas a la fase de desarrollo del proyecto.

Costos de personal de operación, gerencia y soporte administrativo

- 4.5 El cálculo de los costos de operación supone una organización y un dimensionamiento de los equipos de operaciones, así como de los equipos de gestión y administración general.
- 4.6 Los costos de personal incluyen los sueldos y las remuneraciones (incluidas las primas, prestaciones sociales y gastos del empleador). En el cuadro a continuación se presenta el costo considerado por categoría de personal.

Tabla 4.6 Estimación de tarifas personal

Cargo	Costo anual (US\$ 2020)	Costo anual (COP 2020)
Operador (trabajador no cualificado)	9 500 \$	32 556 500 COP
Técnico	11 800 \$	40 438 600 COP
Técnico principal	12 500 \$	42 837 500 COP
Supervisor	22 500 \$	77 107 500 COP
Ingeniero, mando intermedio	32 000 \$	109 664 000 COP
Alto ejecutivo	76 000 \$	260 452 000 COP
Gerente	215 000 \$	736 805 000 COP

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

- 4.7 El tamaño del cuadro de personal tiene en cuenta la oferta de servicio y las instalaciones que se utilizarán, el cual se ha calculado en función de las condiciones de trabajo que se detallan a continuación.
- 4.8 Los puestos de trabajo están cubiertos por una sola persona o por varias con diferentes turnos, determinados de acuerdo con los requisitos de presencia de cada puesto de trabajo, considerando un servicio comercial todos los días del año, con una amplitud máxima de 5.30 a.m. a 11 p.m. los días laborables.

Tabla 4.7 Estimación de días, hora y turnos

	Condiciones de trabajo
Días laborales por año	280
Ausencias por capacitaciones, fines administrativos y enfermedades	10%
Días laborales efectivos por año	252
Horas de trabajo al día	8
Horas de trabajo al año	2016
Turnos (presencia en horas laborables todos los días)	1,4
Turnos (presencia para cubrir servicio comercial)	3,3
Turnos (presencia 24/7)	4,3

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

- 4.9 El dimensionamiento de la planta de empleados permite una estimación global del futuro personal requerido, necesaria al cálculo del OPEX a nivel de prefactibilidad, pero puede variar según la organización y las condiciones laborales decididas por el futuro Operador. En la tabla que figura a continuación se detalla el personal operativo y administrativo estimado (equivalente a tiempo completo). El metro automático sin conductores requiere un cuadro de personal dimensionado con relación a la producción de transporte ofertada.

Tabla 4.8 Estimación del personal de operación y mantenimiento

Entidad	Número de empleados
Gerencia y administración	33
Centro de Control Operacional	31

Entidad	Número de empleados
Operación de estaciones	216
TOTAL (sin personal de mantenimiento)	280

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

Costos de mantenimiento

- 4.10 El cálculo de costos de mantenimiento se basa en los costos medios unitarios observados en otros sistemas de metro similares en Europa y ajustados para tener en cuenta el costo relativo a la mano de obra en Colombia, que representa un 25% de los salarios observados en los países europeos. Estos costos de mantenimiento se dividen en componentes de personal y materiales. Por lo tanto, la cuota relativa a la mano de obra se ha reducido con el fin de reflejar las condiciones reales del mercado local mientras el costo material se considera similar al observado en países europeos.
- 4.11 Varios servicios de mantenimiento podrían subcontratarse: limpieza, mantenimiento de equipos de comunicaciones, mantenimiento de equipos electromecánicos en estaciones y túneles, mantenimiento de subestaciones de alta tensión, inspección de obra civil, etc. Sin embargo, para esta estimación preliminar se tienen en cuenta los costos globales que cubren todas las operaciones de mantenimiento. Así, los costos de personal de mantenimiento indicados (y ajustados a las condiciones locales) pueden corresponderse a personal de mantenimiento interno o a personal equivalente subcontratado.
- 4.12 Los costos de material comprenden fungibles, consumos y productos de mantenimiento, piezas de repuesto y reemplazo periódico de activos con una vida útil estimada inferior a 20 años.
- 4.13 Los costos unitarios abarcan el mantenimiento rutinario, tanto preventivo como correctivo, y el mantenimiento patrimonial que corresponde a las grandes revisiones, el tratamiento de obsolescencia y el reemplazo de activos cuya vida útil es inferior a 20 años. La reinversión requerida para reemplazar los activos cuya vida útil es superior a 20 años no está incluida en el mantenimiento patrimonial y se ha estimado aparte.
- 4.14 Para el mantenimiento del material rodante se ha utilizado un costo promedio por tren-kilómetro, teniendo en cuenta la producción anual prevista y la flota utilizada, que abarca las grandes revisiones periódicas. La renovación de media vida a los 20 años y el reemplazo de trenes al final de su vida útil no están incluidos.
- 4.15 Para el mantenimiento de los sistemas y equipos a lo largo de la línea, en las estaciones y en el patio-taller, se han aplicado costos unitarios que abarcan la compra de materiales, piezas de repuesto, renovación y reemplazo periódico. El reemplazo integral de los equipos electromecánicos, equipos de energía, vehículos auxiliares y herramientas de taller no están incluidos.
- 4.16 Para el mantenimiento de las instalaciones y estructuras, los costos unitarios aplicados reflejan la limpieza, el mantenimiento general, las inspecciones y las reparaciones. El reemplazo integral de la vía férrea a los 30 años no está incluido, pero sí la renovación de rieles en curvas y de aparatos de vía que se considera como mantenimiento patrimonial regular.

Costos de consumo de energía

- 4.17 El costo de la tracción se calcula con base a la oferta anual de transporte, considerando un consumo unitario de tracción de 17 kWh/tren-km.
- 4.18 El consumo de energía eléctrica en estaciones y en el patio-taller alcanza un total de 27 660 MWh al año, tomando en cuenta el número de escaleras mecánicas y ascensores previstos.
- 4.19 El costo de electricidad se ha estimado en 0,09 \$/kWh.

Otros costos

- 4.20 En otros costos se incluyen seguros y gastos generales.
- 4.21 El costo de los seguros se ha estimado con base a una tarifa anual de 0,1 \$ por tren-km.
- 4.22 Los gastos generales se estiman como el 15% de todos los costos de personal: alquiler de oficinas, recursos informáticos y ofimática, consumibles, uniformes, equipos de protección individual, herramientas, mobiliario, agua, telecomunicaciones, etc.

Síntesis del OPEX

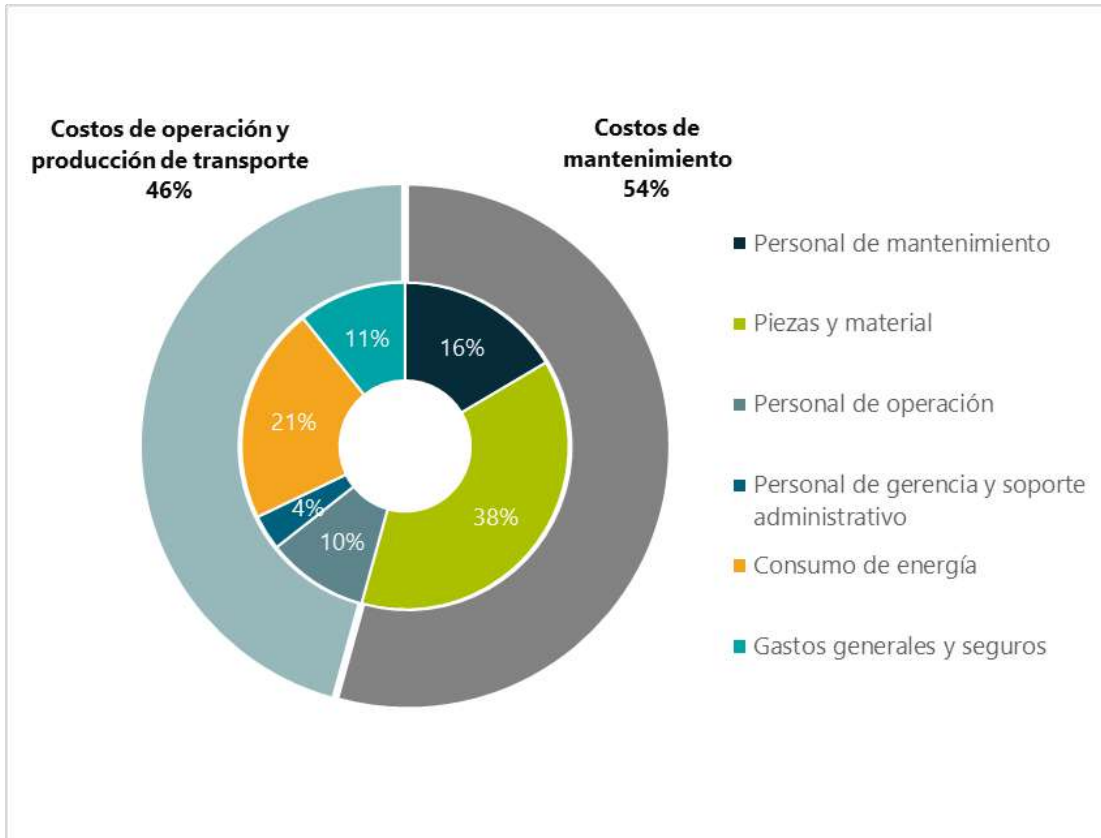
- 4.23 Con base en todas las hipótesis anteriores, los costos de operación estimados se detallan a continuación.
- 4.24 Se presenta el promedio de los costos sobre la vida útil del sistema metro, sin incluir la renovación de media vida del material rodante ni el reemplazo de los activos con una vida útil superior a 20 años, para la oferta 2030.

Tabla 4.9 Costo promedio anual de operación

Costo promedio anual	US\$ 2020	COP 2020
Personal de mantenimiento	\$ 5 241 400	17 962 277 800 COP
Piezas y material	\$ 12 016 600	41 180 888 200 COP
Personal de operación	\$ 3 202 900	10 976 338 300 COP
Personal de gerencia y soporte administrativo	\$ 1 110 100	3 804 312 700 COP
Consumo de energía	\$ 6 805 600	23 322 791 200 COP
Gastos generales y seguros	\$ 3 407 900	11 678 873 300 COP
Riesgos y contingencias	\$ 4 767 675	16 338 822 225 COP
Total (promedio anual)	\$ 36 552 175	125 264 303 725 COP
<i>Ratio por tren-km</i>	<i>\$ 13,0</i>	<i>44 403 COP</i>

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

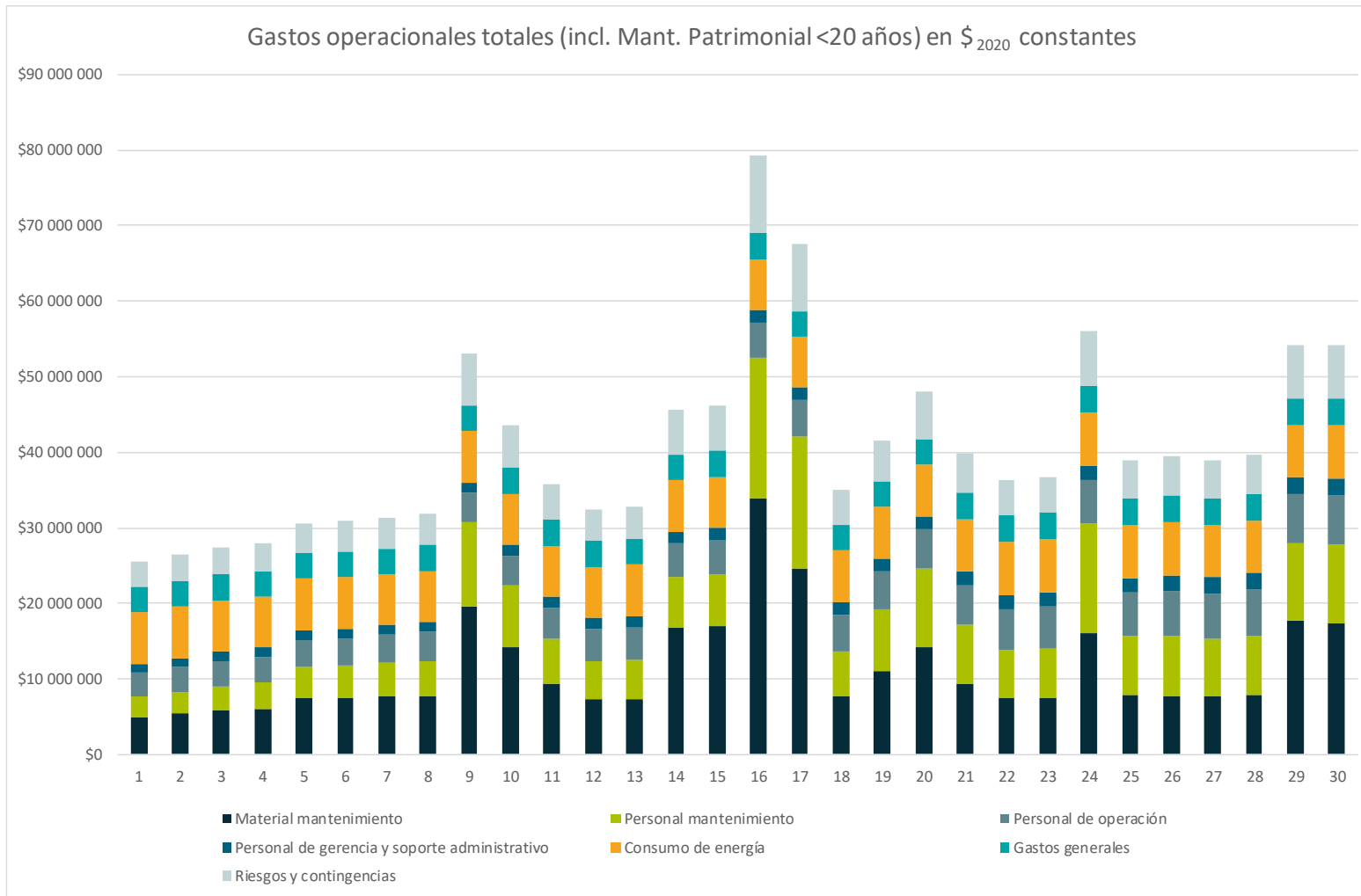
Figura 4.4 Costo de Operación y Mantenimiento



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

- 4.25 Los costos varían anualmente en función del mantenimiento correctivo que va en aumento y de las operaciones de mantenimiento periódicas (grandes revisiones del material rodante, de los equipos electromecánicos, reemplazo de equipos de telecomunicaciones y de aparatos de vía, etc.).
- 4.26 Se supone adicionalmente que el costo de personal está sometido a un aumento de masa salarial de 2.5% anuales independientemente de la inflación, lo cual refleja un reajuste de salarios a lo largo del tiempo. El gráfico a continuación presenta la variación de gastos en los 30 primeros años de operación.

Figura 4.4 Costo de Operación y Mantenimiento



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

- 4.27 En el primer año de operación se estima un gasto anual de 25.5 millones de dólares, de acuerdo con el kilometraje anual recorrido (2.821.074 km) y una flota de 22 trenes. A los 5 años, con la misma producción de transporte ofertada, el gasto asciende a aproximadamente 30.6 millones de dólares (debido al aumento de mantenimiento correctivo). Después de 20 años, con una producción de transporte incrementada a 2.939.480 km anuales y una flota de 26 trenes, el gasto operacional alcanza aproximadamente los 40 millones de dólares.

Reinversión

- 4.28 A los costos de operación estimados en el capítulo anterior se debe añadir el costo de renovación de media vida del material rodante, así como el reemplazo de los activos cuya vida útil es superior a los 20 años, con el fin de estimar el costo global sobre un periodo muy largo que supera la vida útil de diseño del sistema metro, considerando que una reinversión puntual permitirá alargar la operación del sistema en el tiempo.
- 4.29 A continuación, se indican las duraciones estimadas de vida útil por grande categoría de activos, así como el importe considerado para el reemplazo al final de su vida útil.

Tabla 4.10 Tiempo de vida útil por componente

Categoría de activos	Vida útil (años)	Costo reinversión (US\$ 2020)
Infraestructura física	100	No requerido
Material rodante – renovación media vida	20	2.030.000 \$/tren
Material rodante – reemplazo	40	10.150.000 \$/tren
Vía férrea	30	Aprox. 200 \$ / km
Equipos de energía eléctrica	40	100% del costo inicial de adquisición
Equipos electromecánicos en estaciones y túneles	30	130% del costo inicial de adquisición
Señalización y control de trenes	30	130% del costo inicial de adquisición ¹
Equipos de comunicaciones, billeteaje, peaje, sistemas centrales	15	Incluido en OPEX
Vehículos de mantenimiento y herramientas y equipos industriales del patio taller	30-50	Entre 100% y 140% del costo inicial de adquisición ¹

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

¹ El costo superior a 100% se debe a que para el reemplazo las obras son hechas en condiciones más complejas que para el equipo de línea nueva. Estas obras se realizarán en condiciones de línea en operación, con horarios de obras más complejos e impactos posibles en la operación.

5 Cronograma y Plan de inversión

- 5.1 Se parte de la premisa que las actividades previas de factibilidad y estructuración del proyecto en sus componentes técnico, legal, financiero, social, ambiental y de equidad de género, así como todo el proceso de licitación, preparación de oferta y adjudicación se desarrollan durante el periodo comprendido entre la finalización del presente contrato y el mes de octubre de 2023, fecha estimada por la EMB para la adjudicación del contrato o contratos que desarrollarán los estudios y diseños a detalle, la ejecución de la obra civil y el suministro y montaje de los equipos (incluido el material rodante), así como las pruebas para el inicio de la operación comercial de la SLMB.
- 5.2 El cronograma proyectado en la presente fase del estudio se divide en 5 fases, tal como se presenta en la Tabla 5.1 a continuación:

Tabla 5.11 Cronograma

	ACTIVIDAD	DURACIÓN	INICIO	FIN	oct-23	ene-24	abr-24	jul-24	oct-24	ene-25	abr-25	jul-25	oct-25	ene-26	abr-26	jul-26	oct-26	ene-27	abr-27	jul-27	oct-27	ene-28	abr-28	jul-28	oct-28	ene-29	abr-29	jul-29	oct-29	ene-30	abr-30	
1	LICITACIONES	6 mons	lun 30/10/23	vie 12/04/24																												
1,1	Adjudicación del contrato de	0 days	lun 30/10/23	lun 30/10/23																												
1,2	Acta de inicio	0 days	vie 12/04/24	vie 12/04/24																												
2	DISEÑO DETALLADO	12 mons	lun 15/04/24	vie 14/03/25																												
3	OBRA	76,5 mons	lun 08/07/24	vie 20/05/30																												
3,1	Compra de predios, traslado	12 mons	lun 05/08/24	vie 04/07/25																												
3,2	Patio taller	50 mons	lun 30/09/24	vie 28/07/28																												
3,3	Centro de Control de Operaciones	15 mons	lun 28/09/26	vie 19/11/27																												
3,4	Viaducto / Rampa	35 mons	lun 30/09/24	vie 04/06/27																												
3,5	Trincheras ALO Sur y Norte	48,4 mons	lun 30/09/24	mié 14/06/28																												
3,6	Trincheras ALO Sur Estación 9 -	47 mons	lun 08/07/24	vie 11/02/28																												
3,7	Túnel bitubo	41,5 mons	lun 08/07/24	vie 10/09/27																												
3,8	Estaciones	73,5 mons	lun 30/09/24	vie 17/05/30																												
3,9	Ventilación	66 mons	lun 17/03/25	vie 05/04/30																												
3,1	Vía férrea	33,5 mons	lun 28/09/26	vie 20/04/29																												
3,1	Material rodante	50 mons	lun 11/05/26	vie 08/03/30																												
3,1	Sistemas	58 mons	vie 14/03/25	vie 24/08/29																												
4	FORMACIONES PERSONAL	13 mons	lun 12/03/29	vie 08/03/30																												
5	ENSAYOS	10 mons	lun 27/08/29	vie 31/05/30																												
5,1	Ensayo de integración - Sistemas	7 mons	lun 27/08/29	vie 08/03/30																												
5,2	Ensayo en blanco	3 mons	lun 11/03/30	vie 31/05/30																												
5,3	Puesta en servicio	0 days	vie 31/05/30	vie 31/05/30																												

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

Licitación – Acta de Inicio

- 5.3 Como se mencionó anteriormente la adjudicación del o los contrato(s) de obra y suministros está prevista el 30/10/23 y 6 meses después se firmará el acta de inicio. A partir de esa fecha empieza el diseño detallado del proyecto.

Diseño detallado

- 5.4 El diseño detallado se compone de las principales obras del proyecto y empieza con las instalaciones de obra. Esta tarea preliminar dura 4 meses y permite los traslados anticipados de redes de servicios públicos, la ejecución de las obras preliminares, incluyendo la preparación de las zonas alrededor de las estaciones y de las zonas logísticas para las tuneladoras.
- 5.5 Todos los diseños se tienen que iniciar lo más pronto posible. La mayoría dura 6 meses, pero 3 partes necesitan 12 meses de estudio: las estaciones (incluye la cola de maniobra), el material rodante y los sistemas ferroviarios.

Obra

Patio-Taller

- 5.6 Las operaciones de terraplén (incluyendo la precarga) y de pilotaje duran 12 meses. Son seguidas por las obras civiles, la instalación de los equipos, las redes e infraestructuras, las vías y el urbanismo. En total, la construcción del patio-taller dura 50 meses y acaba en julio 2028.

Centro de Control y Operaciones

- 5.7 La ejecución de la obra civil y sus redes, empieza después de la del patio-taller y dura 12 meses. El urbanismo, última etapa, termina en noviembre 2027.

Viaducto / Rampa

- 5.8 El principio de la construcción está condicionado por el diseño del viaducto y de la estación 11. Por lo tanto, esa estación es una de las primeras a ser ejecutadas. El tramo de 1500m , compuesto por la rampa, el viaducto, incluyendo la estación 11, es lo suficientemente largo para permitir la superposición de las operaciones de cimentación profunda y de pilas. Esas tareas duran 18 meses en total. A partir de enero 2026, el tablero se construye durante 12 meses. La obra civil del viaducto, de la rampa y el urbanismo asociado se termina en junio 2027.

Trinchera

La trinchera se divide en 2 partes:

- Parte Norte – 1765m – Incluye la estación 10
- Parte Sur – 300m – No incluye la estación 9 – Adaptada al acceso de las tuneladoras

La parte Norte empieza después del estudio general de la trinchera y de la estación 10. En general, la longitud del tramo permite empezar una tarea a partir de 50% del avance de la tarea precedente. Una vez el terreno explanado, los muros pantalla/tablestacados serán construidos (se considera 35m²/día) y las tierras excavadas (400m³/día). La ejecución de la solera dura 18 meses (30m²/día) y la losa 12 meses (100m²/día).

La parte Sur no permite la superposición de las tareas y es dividida en 2 partes distintas: la primera que se termina con la realización de los portales de acceso para las tuneladoras, la segunda que empieza con la ejecución de la solera una vez la tuneladora 2 está funcionando con la zona logística 2 (ubicada en la estación 3).

Considerando lo anterior, la trinchera se termina en junio 2028.

Túnel

La orden de compra de las 2 tuneladoras ocurre en julio 2024, lo más pronto posible. A partir de esa fecha, la fabricación dura 9 meses y el transporte 1 mes. Mientras tanto, la zona logística 1, al nivel de la trinchera Sur será construida durante 3 meses.

A partir de la entrega de la tuneladora 1, se cuenta 2 meses de montaje: la excavación del primer tubo empieza en junio 2025, a un ritmo de 400m/mes. Por razones técnicas, las tuneladoras no excavan en paralelo: la segunda tuneladora tiene un desfase de 2 meses.

En cada estación, en promedio el tránsito dura 1 mes. Las operaciones de mantenimiento y de cambio de zona logística ocurren en la estación 3, durante 2 meses. Las tuneladoras demoran 4 meses en ser desmontadas en el “pozo” de la cola de maniobra. Las excavaciones de los túneles duran cerca de 30 meses y se terminan en septiembre 2027.

A lo largo de la construcción del túnel, se construyen y se equipan los pozos de ventilación.

Estaciones y cola de maniobra

Las estaciones se dividen en 4 tipos:

- Estación 11 – Fontanar – Tipo viaducto
- Estación 9 y 10 – Tipo trinchera en la reserva ALO
- Estación 4 a 8 – Tipo bitubo dependiendo de la zona logística 1
- Estación 1 a 3 – Tipo bitubo dependiendo de la zona logística 2

La construcción de la estación 11 empieza una vez la primera parte del tablero del viaducto es instalada. Cada nivel (en orden: andén, superficie y entresuelo) está construido en 6 meses. Los equipos están instalados en 9 meses. La realización dura en total 37 meses.

La estación 9 es excavada en 3 meses. El nivel de andén de la estación 10 empieza después la excavación de la trinchera Norte y dura 9 meses. Los niveles de superficie duran 6 meses y la duración de instalación de los equipos es de 9 meses. Se cuenta 12 meses de redes, infraestructuras, vías y urbanismo.

La ejecución de las estaciones 4 a 8 está dividida en 2 partes: la primera se compone de la excavación y la segunda de la construcción del interior y de la instalación de los equipos. Los muros pantalla y las excavaciones de cada estación tienen que ser acabos 1 mes antes de la llegada de la tuneladora 1. El desmontaje de la zona logística 1 permite la construcción del interior de la estación, empezando con el nivel de andén.

La ejecución de las estaciones 1 a 3 está dividida en 2 partes: la primera se compone de la excavación y la segunda de la construcción del interior y de la instalación de los equipos. Los muros pantalla y las excavaciones de cada estación tienen que estar acabos 1 mes antes de la llegada de la tuneladora 1. La salida de la tuneladora 2 de la estación 1 permite la construcción del interior de la estación, empezando con el nivel de andén. El corredor de acceso a la línea 1 es construido en 24 meses y se acaba en enero de 2030.

La cola de maniobra tiene operaciones de muros pantalla/tablestacado durante 15 meses, debido a su longitud importante (470m). La construcción del nivel de plataforma dura 9 meses y empieza cuando la tuneladora 2 es desmontada.

Vía férrea

Los tendidos de vías férreas comienzan en el patio-taller, para permitir los ensayos de trenes. El ritmo considerado de las 2 vías, en paralelo, en esta zona es de 25m/día.

Una vez el nivel andén de la estación 11 construido, empieza el tendido de vía del viaducto, de la rampa y de la trinchera con un ritmo para las 2 vías de 15m/día.

El tendido de vía en el bitubo se realiza en paralelo en los 2 tubos y se divide en 2 fases. El ritmo es de 10m/día/vía:

- El primer tramo entre las estaciones 8 y 4 desde el final de la construcción del nivel andén de la estación 8.
- El segundo tramo entre la estación 3 y la cola de maniobra desde el final de la construcción del nivel andén de la estación 3.

En total, el tendido de vías dura cerca de 34 meses y se termina en marzo 2030.

Material Rodante

La orden de compra del material rodante está dada 18 meses antes del suministro del primer tren, que corresponde con la conexión de las vías del patio-taller a la red eléctrica.

Se considera 12 meses más para suministrar el resto de los trenes y terminar los ensayos.

Sistemas

Los sistemas se dividen en: la alimentación eléctrica, el CCO, las puertas de andén, el control de acceso y recaudo de las estaciones, la señalización y control de trenes y las telecomunicaciones.

Alimentación eléctrica

Las SER y SEAT de un lado y la alimentación del tercer y de las instalaciones de las estaciones del otro son 2 partes distintas de ese tema:

- SER/SEAT: condicionado por el diseño detallado, la obra civil que empieza en marzo 2025 y dura 12 meses. La orden de compra de equipos, emitida en marzo 2025 también, marca el principio de la fabricación de equipos que dura 18 meses. A partir de la recepción en fábrica, contamos 2 meses para empezar la instalación de equipos. La conexión a la red eléctrica es prevista entre mayo 2027 y julio 2027. La línea es conectada a los SET/SEAT en enero 2028.
- Tercer riel e instalaciones estaciones: esta operación se realiza en paralelo de los tendidos de vías.

Otros sistemas

Las tareas de los otros sistemas de componen de la manera siguiente:

- Orden de compra: inicio de la fabricación de equipos
- Fabricación de equipos: 18 meses (CCO y telecomunicación) y 24 meses (puertas de andén, control de acceso y recaudo de las estaciones, señalización y control de trenes)
- Recepción en fabrica
- Instalación de equipos, condicionado por las tareas siguientes:
 - CCO: fin de obra civil del CCO
 - Puertas de andén: suministro del primer tren más 6 meses
 - Control de acceso y recaudo de las estaciones: fin de instalación de equipos de la estación 10
 - Señalización y control de trenes: en paralelo de los tendidos de vía en túnel
 - Telecomunicación: en paralelo de los tendidos de vía en túnel
- Ensayos de equipos: entre 6 y 12 meses.

Formación personal (capacitación)

Por cada tema, se considera 6 meses de formación del personal operacional, a partir del final de cada tarea considerada: CCO, material rodante, vías (manutención), sistemas (manutención) y estaciones.

Ensayos

Los ensayos de integración empiezan al final de los ensayos de todos los sistemas y duran 8 meses. La marcha blanca siguiente dura 4 meses, hasta abril 2033 que corresponde al mes de puesta en servicio.

Ruta crítica

La Ruta Crítica del cronograma aparece en rojo en el anexo D. Pasa por las tareas siguientes:

- Diseño Patio-Taller,
- Diseño Viaducto / Rampa,
- Diseño Estaciones / Cola de maniobra,
- Demolición / Explanación / Tratamiento de Patio Taller,
- Terraplén + 5m (incl. Precarga) de Patio Taller,
- Obra civil de Patio Taller,
- Demolición / Explanación / Tratamiento de Viaducto,
- Tendido de vía patio-taller,
- Suministro primer tren,
- Ensayos trenes
- Instalacion y ensayos de equipos de recaudo
- Puertas de andén y
- Ensayos generales

Rendimientos generales

Los ritmos de construcción generales son los siguientes:

- Viaducto y rampa:
 - Pilas y tablero: 125m/mes
- Trinchera:
 - Tablestacados/Muros pantalla: 35m²/día
 - Excavación: 400m³/día
 - Solera: 30m²/día
 - Losa :100m²/día
- Túnel:
 - Excavación: 400m/mes
 - Transito estación: 1 mes
- Estaciones y cola de maniobra
 - Tablestacados/Muros pantalla: 35m²/día
 - Excavación: 400m³/día
 - Nivel de andén: 9 meses
 - Niveles intermedios y superficie: 6 meses
 - Instalación equipos: 9 meses
 - Redes e infraestructuras: 6 meses
 - Carriles y urbanismo: 6 meses
- Vía férrea:
 - Patio taller: 25m/día
 - Viaducto, rampa y trinchera: 15m/día (plataforma entera)
 - Túnel: 10m/día (cada vía)

5.9 Como resultado del cronograma reflejo de la metodología constructiva analizada, contando desde luego con la compra de predios y el traslado de redes en la etapa preconstructiva, las actividades que requieren su inicio en el primer año de construcción son, patio taller, viaducto, trincheras para el lanzamiento de las tuneladoras y al mismo tiempo para la construcción de las estaciones 9 y 10, túnel bitubo y demás estaciones. Los valores representados por estas actividades distribuidos en el tiempo y concentrados anualmente resultaron en la Tabla 5.2 tal como se presenta a continuación:

Tabla 5.12 Plan de inversión

Contrato 033 de 2020 FDN - SLMB								
Entregable 10 - CAPEX Fase 3								
210512_Análisis económico - Plan de Inversión								
Millones de Pesos (MCOP) Constantes 2020								
Año	1	2	3	4	5	6	7	
Escenario	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Inversión	\$ 1.361.699	\$ 1.774.238	\$ 2.155.705	\$ 3.311.485	\$ 3.009.349	\$ 1.174.667	\$ 450.744	\$ 13.237.887

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

5.10 Este plan de inversión es el resultado de una distribución de los recursos de capital necesarios para materializar la obra, acorde al cronograma proyectado, los cuales fueron prorrateados bajo

un criterio de uniformidad constante con respecto a la ejecución de las actividades, sin tener en cuenta comienzo, medio y fin de las mismas.

6 Conclusiones y recomendaciones

- 6.1 Se concluye de los resultados mostrados en los anexos A, B y C lo siguiente:
- 6.2 El CAPEX (Anexo A) está calculado dentro de una aproximación metodológica de aparente simplicidad tal como se practica en estas etapas de la estructuración, adoptando indicadores para la obtención del valor que se basan en la magnitud y tipología de las estructuras principales, donde los capítulos 1. Línea, 7. Estaciones, 15. Material Rodante y 8. Patio Taller con porcentajes de incidencia del 22,28%, 39,90%, 15,10% y 7,20% respectivamente, suman el 85% del costo directo del Proyecto.
- 6.3 El análisis del método constructivo a ser utilizado en el proyecto se refleja en el cronograma (Tabla 5.1) dando como resultado un tiempo de construcción de 6,4 años aproximadamente.
- 6.4 El plan de inversiones (Anexo C) calculado arroja un 75% de la inversión entre los años 2025 y 2028 con porcentajes del 27,3%, 17,2%, 17,9% y 15,6% respectivamente.

