



## **ESTUDIO Y DISEÑOS DE FACTIBILIDAD DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ**

**Informe del estado actual de los Estudios y Diseños de Factibilidad**

**BOGOTÁ, D. C.**

**Agosto 25 de 2017**

Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 • Bogotá D.C. - Colombia  
Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	ANTECEDENTES .....	4
2.1	Estudio de Ingeniería Básica Avanzada – año 2014. ....	4
2.2	Estudios realizados durante la fase 1 del convenio 1880 suscrito entre IDU y la FDN. ....	7
3.	MARCO LEGAL .....	16
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	18
4.1	Alcance del Tramo 1 de la PLMB .....	18
4.2	Trazado Tramo 1.....	19
5.	ALCANCE DE LA CONSULTORÍA TECNICA (ESTRUCTURACIÓN TECNICA) .....	21
5.1	Alcance general y etapas.....	21
5.2	Alcance detallado por etapas .....	21
6.	CONTENIDO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD .....	26
6.1	Recopilación y análisis de información existente.....	26
6.2	Estudio de demanda.....	34
6.3	Definición de criterios y parámetros de diseño. ....	41
6.4	Trabajos de campo .....	70
6.5	Gestión Predial .....	85
6.6	Avances que se tienen a la fecha en los productos de la Optimización y actualización de los diseños por cada una de las disciplinas.....	96
7.	CONCLUSIONES .....	148
8.	ANEXOS.....	149

## 1. INTRODUCCIÓN

En cumplimiento del Convenio 1880 de 2014, la FDN presenta un informe del estado actual de los Estudios y Diseños de Factibilidad del tramo 1 de la primera línea del metro de Bogotá (PLMB).

A la fecha se considera, que la ingeniería del proyecto ha alcanzado el nivel de factibilidad requerido en el proceso de diseño del proyecto, en la medida que se concluyeron las siguientes actividades:

- Levantamiento de línea base del proyecto. Se cuenta con levantamiento topográfico, inspección geológica y geotécnica, estimación de la demanda de pasajeros del subsistema metro, aforos de tráfico vehicular y peatones, inventario de redes de servicios públicos existentes, inventario forestal, monitoreo ambiental, línea base social, predios, patrimonio urbano y arquitectónico.
- Definición de criterios y parámetros de diseño. Resultado de diversas reuniones y talleres de trabajo, con la participación de la Empresa Metro de Bogotá, el Consultor técnico y la asesoría de la Empresa Metro de Santiago de Chile, ya se han definido los criterios y parámetros relevantes de diseño de los diferentes componentes del proyecto y que han permitido avanzar en la etapa de elaboración de los diseños, memorias de cálculo, planos y demás. Estos componentes son: Sistema operacional, vía férrea, estructuras de viaducto, estaciones, cimentaciones, diseño geométrico del viaducto y las vías vehiculares, funcionalidad de estaciones, arquitectura de estaciones, funcionalidad del Patio Taller, alimentación eléctrica, sistemas y subsistemas ferroviarios, RAMS, etc.
- Estimación de costos de inversión inicial (CAPEX) y de operación y mantenimiento (OPEX): Con base en el avance de los diseños realizados, la estimación de cantidades y sondeo de precios unitarios nacional e internacional, se ha llegado a un mayor nivel de precisión de la estimación de costos de realización del proyecto, con un grado de incertidumbre entre el 10 y el 15%.

La información relacionada en este documento contiene los resultados sustanciales de avance en los estudios de factibilidad técnica y corresponde a temas ya definidos y aprobados, con lo cual la Empresa Metro de Bogotá S.A. podrá dar cumplimiento al requisito técnico No. 3, Modelo de Costos e Ingresos, del CONPES 3882 del 10 de enero de 2017, para la declaratoria de importancia estratégica por parte de la Nación del Tramo 1 de la primera línea del metro de Bogotá (PLMB).

La definición de los criterios de diseño representa la actividad más importante de un estudio de factibilidad, así como la realización de los trabajos de campo y levantamiento de la línea base, lo cual ha tomado 6 meses de dedicación por parte del equipo consultor, el interventor, la FDN como contratante, y la Empresa Metro de Bogotá S.A., como ente gestor del proyecto, periodo en el cual también se ha realizado el proceso de diseño de los diferentes componentes, el cual está en proceso de finalización.

Para abrir los procesos de selección correspondientes, deberá cumplirse con los requisitos que en cada caso establezca la ley, adicionales a los estudios contenidos en el presente documento.

Todas las gráficas y tablas del informe, a excepción de aquellas que expresamente se dice específicamente la fuente, han sido elaboradas por el Consorcio Metro Bog.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Estudio de Ingeniería Básica Avanzada – año 2014.**

A finales del año 2014, como resultado de los estudios y diseños de ingeniería básica avanzada, contratados por la Administración Distrital de Bogotá, con el Consorcio L1 (IDOM – EUROESTUDIOS – CANO JIMENEZ), se definió que el trazado de la Primera Línea del Metro de Bogotá - PLMB sería 100% subterráneo. El trazado iniciaría en el Portal de las Américas, cruzaría la Avenida de Ciudad de Cali y continuaría por el centro de la Avenida Villavicencio hasta la Avenida 1º de Mayo; discurre por esta hasta cruzar el río Fucha y llegar hasta la Avenida La Hortúa y desde esta hasta la Avenida Carrera 10 para tomar la Carrera 13 a la altura de la Calle 28. A partir de la Calle 28 el trazado se sitúa bajo la Carrera 13 hasta la Plaza de Lourdes y a continuación pasaría a la Carrera 11 hasta el final del tramo en la Calle 127. Los patios y talleres estarían ubicados al Sur Occidente del portal de las Américas en el predio Bosa 37 para lo cual se hacía necesaria la implementación de un ramal técnico de conexión de aproximadamente 5 km.

En su recorrido se estableció un total de 27 estaciones, de las cuales 7 serían de tipo intermodal con conexión con otros medios de transporte, 18 serían de paso o simples y 2 de ellas serían tipo especial que tienen conexión directa con más de un medio de transporte e incluyen equipamiento anexo como centros comerciales, centros de negocios, centros culturales o de vivienda.

El valor total de esta inversión a precios del año 2014 era de 14,89 billones COP. Esta cifra permitió al CONFIS Nacional establecer el presupuesto y asignar una serie de vigencias futuras a 30 años que permitían financiarlo. Al momento, el costo del proyecto expresado en dólares alcanzaría los USD 276 millones por kilómetro de línea comercial, lo que lo convertiría en uno de los más costosos del mundo, aún sin considerar los sobrecostos típicos de las obras civiles bajo tierra en ambientes urbanos.

A continuación, se incluye una relación de los componentes de los estudios antes indicados.

- Producto 1. Levantamiento Topográfico de la Línea

- Producto 2. Estudio Geotécnico Base de Diseño
- Producto 3. Estudio Geotécnico. Plan de Auscultación
- Producto 4. Proyecto de Túneles y Obras Subterráneas
- Producto 5. Diagnóstico de Interferencia con Redes de Servicios
- Producto 6. Diseño Geométrico de Vías
- Producto 7. Proyecto de Estructuras (Obra Civil)
- Producto 8. Proyecto Estructural de Estaciones
- Producto 9. Proyecto Estructural de Talleres y Cocheras
- Producto 10. Estimación de Costos de Inversión (Obra Civil)
- Producto 11. Estimación de Costos de inversión (Predios y Legalizaciones)
- Producto 12. Paisajismo y Urbanismo
- Producto 13. Proyecto de Estaciones: Arquitectura e instalaciones
- Producto 14. Estimación de Costos de Inversión (Arquitectura e Instalaciones de Estaciones)
- Producto 15. Proyecto de Talleres y Cocheras
- Producto 16. Estimación de Costos de Inversión (Talleres y Cocheras)
- Producto 17. Proyecto de Diseño del Puesto Central de Operaciones
- Producto 18. Proyecto del Sistema de Alimentación Eléctrica
- Producto 19. Proyecto Básico de Diseño de Señalización y Control de Trenes
- Producto 20. Proyecto de Diseño de Puertas de Andén

- Producto 21. Proyecto de Diseño de Comunicaciones
- Producto 22. Estimación de Costos de Inversión (Instalaciones y Equipos, Vías y Aparatos)
- Producto 23. Gestión de RAMS
- Producto 24. Material Rodante
- Producto 25. Estimación de Costos de Inversión (Material Rodante)
- Producto 26. Estimación de Costos de Operación y Mantenimiento
- Producto 27. Estudio de Alternativas
- Producto 28. Levantamiento Topográfico Ramal técnico
- Producto 29. Estudio Geotécnico Ramal Técnico
- Producto 30. Diagnóstico de Interferencia con Redes en Ramal Técnico
- Producto 31. Diseño Geométrico de Vías Ramal técnico
- Producto 32. Proyecto de Estructuras Ramal Técnico
- Producto 33. Paisajismo y Urbanismo Ramal Técnico
- Producto 34. Superestructura de Vía
- Producto 35. Estudio de Tipologías Ramal Técnico
- Producto 36. Análisis y Recomendaciones Técnicas sobre las Propuestas de Ingeniería de Valor en el Marco de la Estructuración Integral de la PLMB.

Paralelamente con el estudio antes indicado el IDU adelantó otra consultoría con el objeto de desarrollar el Estudio de impacto ambiental y social línea subterránea, patios y talleres, y ramal técnico para el desarrollo de la Primera

Línea de Metro de Bogotá. Este estudio fue adjudicado a la empresa IVICSA, la cual, como parte d sus alcance, desarrolló los siguientes entregables:

- Línea base ambiental
- Zonificación ambiental
- Demanda y aprovechamiento de recursos naturales
- Evaluación Ambiental PLMB
- Zonificación de Manejo Ambiental
- Plan de Manejo Ambiental
- Programa de Monitoreo y Seguimiento del Proyecto
- Seguridad y Salud en el Trabajo
- Presupuesto.

## **2.2 Estudios realizados durante la fase 1 del convenio 1880 suscrito entre IDU y la FDN.**

Una vez firmado el convenio interadministrativo 1880 entre el IDU y la FDN, en diciembre de 2014, cuyo objeto es: “Aunar esfuerzos para el desarrollo de las actividades relacionadas con la estructuración integral del proyecto Primera Línea del Metro de Bogotá”, la FDN realizó los siguientes estudios:

### **3.2.1 Análisis financieros**

El objeto de este estudio fue el de prestar los servicios de asesoría en la definición del modelo transaccional, determinación de la estructura preliminar de financiación eficiente y un esquema preliminar de asunción de riesgos suficiente y adecuado para los actores del sector público y privado, responsables de la construcción, operación y mantenimiento de la PLMB. El mismo fue desarrollado por la empresa Sumatoria S.A.S, la cual elaboró los siguientes productos:

- Evaluación de alternativas de transacción y recomendación sobre el modelo más adecuado, junto con los anexos técnicos.
- Estructura de financiación y borrador de documento CONPES.
- Modelo financiero y manual para la operación.
- Informe consolidado de los análisis.
- Análisis del modelo de transacción propuesto por el Distrito para presentar esquema ante el Distrito
- Informe final.
- Documento CONPES.

### **3.2.2 Análisis de fuentes de financiación**

El objeto de esta consultoría consistió en la caracterización y evaluación de cada una de las fuentes de financiación que el Distrito, en el año 2015, consideraba emplear para determinar – una a una – si eran o no idóneas para sustentar el esquema de banca de inversión para la puesta en marcha para financiar la PLMB. El consultor fue Jorge Gabriel Taboada, el cual entregó los siguientes productos:

- Informe de diagnóstico
- Informe con fichas descriptivas de la caracterización de las fuentes
- Informe con fichas analíticas que sirve para analizar las fuentes
- Informe Final y resumen ejecutivo

### **3.2.3 Ingeniería de Valor**

En el primer semestre del año 2015 se llevó a cabo un estudio de Ingeniería de Valor para el proyecto de la Primera Línea de Metro de Bogotá, con el propósito de optimizar el valor del mismo



(funcionalidad y costos), propuesto desde una perspectiva de ciclo de vida y abordando aspectos de diseño, construcción por fases, cronograma y riesgos, y con el objetivo de optimizar el retorno socioeconómico de la inversión.

Este estudio fue encomendado a Sener Ingeniería y Sistemas Colombia S.A.S, el cual realizó los siguientes productos.

- Propuesta de metodología de trabajo y agenda para el desarrollo del trabajo
- Informe revisión estudios anteriores
- Resultados del taller de Ingeniería de Valor, y presentación de las alternativas propuestas
- Informe final Ingeniería de Valor

### **3.2.4 Análisis Legal**

Igualmente la FDN, en el año 2015, a través de la empresa OPEBSA S.A.S realizó el análisis de la viabilidad legal, definición del modelo transaccional y modelo contractual, que permita la construcción, operación, y mantenimiento de la Primera Línea de Metro de Bogotá PLMB.

Como resultado de esta asesoría se elaboraron los siguientes documentos:

- Propuesta de metodología de trabajo reportes y agenda
- Informe legal con el resultado de la evaluación de alternativas de transacción y recomendación sobre el modelo más adecuado, junto con sus anexos legales
- Informe de construcción preliminar del modelo contractual que regiría las relaciones entre el Distrito y el ejecutor del proyecto, y contenido legal del borrador de documento CONPES
- Informe de recomendaciones en aspectos institucionales

- Informe final

### **3.2.5 Análisis OPEX durante los 50 años de vida del proyecto (2015)**

Con el fin de calcular el OPEX en el ciclo de vida del proyecto de la Primera Línea del Metro de Bogotá, y realizar un análisis de los costos operacionales considerando los efectos de diferentes variables, así como proponer una estrategia para el mantenimiento y operación del proyecto, la FDN en el año 2015 celebró un contrato con la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada - Metro de Medellín Ltda.

Los productos elaborados fueron:

- Informe con elaboración de un presupuesto de referencia que incluya los componentes de la operación, mantenimiento y administración de la Primera Línea del Metro de Bogotá
- Informe con análisis de los costos operacionales considerando los efectos de diferentes variables, durante los 50 años de la vida útil del proyecto
- Informe con análisis de sensibilidad sobre los costos de mantenimiento, operación y administración, incluyendo sostenibilidad social y ambiental, gestión de riesgos, investigación y desarrollo, estrategias de comunicaciones y relaciones públicas
- Informe con estrategia para el mantenimiento y operación del proyecto, que incorpore las líneas generales de planificación, para permitir al ente gestor del sistema, mantener los estándares de calidad en la prestación del servicio, durante la vida útil del proyecto

### **3.2.6 Estudio que compare alternativas de ejecución por tramos y tipologías de la Primera Línea de Metro de Bogotá PLMB, identificando y cuantificando ahorros que optimicen el beneficio.**

A finales de 2015, la administración entrante de la ciudad planteó, desde su programa de gobierno, la ejecución de una PLMB más económica, mayormente integrada con antiguas, nuevas y futuras troncales de TransMilenio. Los beneficios que la nueva administración espera generar con esta estrategia, se verían reflejados en una mejora del sistema de transporte masivo de la ciudad, movilizándolo un mayor número de pasajeros, con mayor calidad, pero sin exceder las restricciones fiscales de la Nación y el Distrito, para financiar esta nueva oferta de infraestructura.

Fue así como la FDN propuso a la nueva administración distrital, en enero de 2016, optimizar el diseño original de la PLMB, en el sentido de: i) maximizar las ideas de ahorro surgidas durante el proceso de Ingeniería de Valor realizado por la FDN en el primer semestre del año 2015, ii) tener en cuenta la restricción presupuestal establecida por el Gobierno Nacional y Distrital, por valor de 13,79 Billones de pesos, iii) considerar la devaluación que ha sufrido la moneda local frente al dólar americano, que ha causado un aumento en el costo del proyecto, y iv) introducir ajustes al diseño original como parte del mandato del ciudadano al Alcalde.

En enero del año 2016 la FDN adelantó la contratación de una consultoría cuyo objeto es la elaboración de un estudio que compare alternativas de ejecución por tramos y tipologías de la primera línea de metro para la ciudad de Bogotá, PLMB, identificando y cuantificando ahorros que optimicen el beneficio, teniendo en cuenta la disponibilidad presupuestal para la inversión y los costos de operación durante el ciclo de vida del proyecto.

Se suscribió el contrato 02/2016 con la firma SYSTRA, que de acuerdo con los productos finales entregados, está enmarcado en lo que define la Ley 1682 de 2013 – Ley de Infraestructura, como un estudio de Prefactibilidad: *“Es la fase en la cual se debe realizar el prediseño aproximado del proyecto, presentando alternativas y realizar la evaluación económica preliminar recurriendo a costos obtenidos en proyectos con condiciones similares, utilizando modelos de simulación debidamente aprobados por las entidades solicitantes. El objetivo de la fase 1 es surtir el proceso para establecer la alternativa de trazado que a este nivel satisface en mayor medida los requisitos técnicos y financieros”*.

En desarrollo de este estudio, se consideraron varias opciones, para lo cual, a partir de un ejercicio de análisis multicriterio, consensado con el Gobierno Nacional y el Gobierno Distrital, se llegó a las siguientes conclusiones sobre la Primera Línea del metro de Bogotá: (i) la tipología viaducto (metro elevado) es la que representa mayores beneficios, (ii) el trazado considerado inicia en el Portal Américas y continúa a lo largo de las avenidas Villavicencio, Primero de Mayo, Calle 8 sur, Calle 1 hasta la Avenida Caracas, corredor que toma hacia el norte hasta la Calle 127, (iii) la longitud de recorrido es de aproximadamente 27 km entre las estaciones Portal Américas y Calle 127, más un ramal técnico hasta el patio-taller, 0,6 km de cola de maniobras en el nodo de terminación y 22 estaciones.

Los recursos disponibles para el proyecto, provienen de aportes de los Gobiernos Nacional y Distrital, por valor de 13,79 billones de pesos de 2015, otorgados de la siguiente manera: i) \$9,65 billones de pesos de la Nación los cuales fueron asignados mediante el CONFIS de Aval Fiscal del 26 de octubre de 2015, y ii) 4,14 billones de pesos por el Distrito. Dicho valor total, expresado en pesos de 2016 corresponde a \$12,82 billones.

A partir de este presupuesto, en el estudio contratado por FDN, se analizaron alternativas para maximizar el impacto de la inversión de los recursos, y se identificó que la mejor opción es ejecutar un primer tramo de la Línea 1, hasta la estación de la Calle 72 (incluyendo una cola para maniobras al norte de esta estación) y ejecutar adicionalmente los siguientes corredores troncales asociadas: Avenida 68 (entre Autopista Sur y Carrera 7), Avenida Boyacá (entre autopista Sur y Calle 26) y Avenida Ciudad de Cali (entre Avenida Bosa y Portal de las Américas), que alimentaran la primera línea del metro, garantizando una operación integral y la sostenibilidad financiera del sistema.

Los anteriores resultados fueron enunciados en el CONPES 3882 del pasado 10 de enero “Apoyo del Gobierno Nacional a la Política de Movilidad de la Región Capital Bogotá-Cundinamarca y Declaratoria de Importancia Estratégica del Proyecto Sistema Integrado de Transporte Masivo – Soacha Fases II y III”.

La lista completa de entregables elaborador dentro de esta consultoría fue:

- Entregable N° 1: Plan de trabajo y cronograma de la consultoría
- Entregable N° 2: Estudio de experiencias internacionales en metros elevados y recomendaciones para el caso de Bogotá
- Entregable N° 3: Estudios de alternativas para optimizar el diseño de la PLMB.
- Entregable N° 4: Recomendaciones para la tipología elevada del tramo 1 de la alternativa seleccionada:
  - ✓ PLMB-SYS-DOC-STR-1100-0A: Desarrollo conceptual del viaducto y estructuras especiales.
  - ✓ PLMB-SYS-DOC-ARQ-2100-0A: Diseño conceptual de las estaciones tipo del tramo 1.

- ✓ PLMB-SYS-DOC-TRA-3100-0A: Trazado geométrico ferroviario del tramo 1.
- Entregable N° 4 Adicional: Profundización Infraestructura del viaducto: PLMB-SYS-DOC-STR-4100-0A.
- Entregable N° 5: Beneficios económicos de opciones de inversión frente al trazado original: PLMB-SYS-DOC-TOD-0500-0A
- Entregable N° 6: Análisis de sostenibilidad financiera del tramo 1.
- Entregable N° 7: Cronograma general de ejecución por tramos, presupuesto preliminar y plan de inversiones.
- Entregable N° 8: Elaboración de documento CONPES: PLMB-SYS-DOC-TOD-0900-0A
- Entregable N° 9: Informe final: PLMB-SYS-DOC-TOD-0800-0A
- Entregable N° 10: Recomendaciones para el material rodante y sistemas electromecánicos.

### **3.2.7 Estudio de alternativas de ubicación del patio taller.**

En el año 2016 la FDN contrató un estudio para la definición de alternativas, a nivel de perfil preliminar, para la optimización de la localización de los patios y talleres de la primera línea de metro de Bogotá – PLMB.

Para desarrollar este estudio se contrató a la empresa Consultoría Colombiana S.A. (CONCOL), la cual, como resultado de su trabajo, entregó los siguientes documentos:

- Entregable N° 1: Plan de trabajo y cronograma de la consultoría.
- Entregable N° 2: Informe de análisis de alternativas y selección.
- Entregable N° 3: Hoja de ruta para el desarrollo del proyecto.

### **3.2.8 Estructuración Técnica.**

La FDN inició a final del año 2016 los procesos de selección mediante la modalidad de Concurso de Méritos para adelantar la “Estructuración Técnica del Tramo 1 de la Primera Línea del Metro de Bogotá” y la Interventoría Técnica, Administrativa, Legal y Financiera a los diseños.

Cabe resaltar que el alcance de Estructuración Técnica corresponde al diseño de todos los componentes del proyecto del primer tramo del metro elevado (obras civiles, material rodante, sistemas e instalaciones ferroviarias, patios y talleres, etc.), a un nivel de ingeniería básica, o Estudios y Diseños de factibilidad, necesario para dar inicio la licitación de obra y adquisición de todos los equipos del sistema ferroviario.

Sobre el concurso para seleccionar el Estructurador Técnico, se hizo mediante una convocatoria pública internacional, contó con la participación de diez proponentes, a los cuales se les hizo una evaluación de su capacidad financiera y jurídica y su experiencia específica en el diseño de metros elevados. Luego de la evaluación, precalificaron seis firmas, quienes pasaron a la segunda ronda de selección. Para esta segunda ronda, se recibieron ofertas de los 6 proponentes precalificados el pasado 21 de diciembre de 2016. Desde esa fecha, la FDN adelantó la evaluación de los requisitos habilitantes y la calificación de los profesionales propuestos por cada una de las empresas o consorcios participantes, luego de lo cual uno de los consorcios no cumplió con los requisitos mínimos y quedó descalificado. Los otros 5 proponentes, asistieron el día 19 de enero de 2017, a una presentación ante un Comité Evaluador, compuesto por funcionarios del Distrito y de la FDN, para exponer su metodología, enfoque y organización, que es uno de los aspectos a evaluar de acuerdo con lo definido en los términos de referencia.

El 20 de enero de 2017 se presentaron los resultados obtenidos por las 5 propuestas y se abrieron los sobres de las ofertas económicas, que era el otro factor de la adjudicación, con lo cual se obtuvo el puntaje total de cada una de las propuestas.

La asignación total del puntaje, se compone de 3 factores: Perfiles de los profesionales (60%), Metodología, enfoque y organización (30%) y Valor de la propuesta (10%). Estos tres factores, son

utilizados en estudios de megaproyectos (especialmente en procesos adelantados por la banca multilateral) y buscan garantizar que:

- a) El equipo de trabajo (profesionales y especialistas clave y requeridos) tengan la idoneidad y experiencia para adelantar los diseños del proyecto
- b) El consultor tenga el conocimiento, experiencia, enfoque y plan de trabajo que garantice el desarrollo de la consultoría, con la calidad y tiempos establecidos.
- c) Que el consultor realice la valoración y determine el costo de los trabajos a desarrollar, y asuma el desarrollo del mismo, con el valor propuesto.

De acuerdo con lo anterior, se determinó el orden de elegibilidad del Concurso para los tres factores antes indicados, con condiciones que fueron establecidas desde el inicio del proceso, y evaluadas conforme a lo indicado en los términos de referencia. Los resultados de estos factores, fueron presentados en la audiencia realizada el 20 de enero de 2017, con la participación de representantes de cada proponente, y que arrojaron como resultado el orden de elegibilidad, en el que el Consorcio MetroBog conformado por las firmas Systra e Ingetec, obtuvo el primer lugar por ser el que mayor puntuación alcanzó.

Cabe la pena destacar que el proceso se realizó reconociendo las mejores prácticas en materia de selección de oferentes, garantizando una selección objetiva, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Adquisiciones de la FDN.

Mediante un proceso similar se seleccionó al Consorcio METRO, conformado por las empresas Sener e Integral, para realizar la mencionada Interventoría de los Estudios y Diseños de Factibilidad.

### 3. MARCO LEGAL

De acuerdo con la Ley 1682 de 2013 – Ley de Infraestructura, en la etapa de preinversión, se deben desarrollar las siguientes fases de maduración de los diversos estudios de ingeniería que se adelanten para la ejecución de los proyectos:

**FASE 1. PREFACTIBILIDAD – INGENIERÍA CONCEPTUAL:** *“Es la fase en la cual se debe realizar el prediseño aproximado del proyecto, presentando alternativas y realizar la evaluación económica preliminar recurriendo a costos obtenidos en proyectos con condiciones similares, utilizando modelos de simulación debidamente aprobados por las entidades solicitantes. El objetivo de la fase 1 es surtir el proceso para establecer la alternativa de trazado que a este nivel satisface en mayor medida los requisitos técnicos y financieros”*

Para el caso del tramo 1 de la PLMB, este estudio fue realizado por la FDN, mediante la consultoría realizado por la firma Systra, durante el año 2016.

**FASE 2. FACTIBILIDAD – INGENIERÍA BÁSICA:** *“Es la fase en la cual se debe diseñar el proyecto y efectuar la evaluación económica final, mediante la simulación con el modelo aprobado por las entidades contratantes. Tiene por finalidad establecer si el proyecto es factible para su ejecución, considerando todos los aspectos relacionados con el mismo. En esta fase se identifican las redes, infraestructuras y activos existentes, las comunidades étnicas y el patrimonio urbano, arquitectónico, cultural y arqueológico que puedan impactar el proyecto, así como títulos mineros en procesos de adjudicación, otorgados, existentes y en explotación. Desarrollados los estudios de factibilidad del proyecto, podrá la entidad pública o el responsable del diseño si ya fue adjudicado el proyecto, continuar con la elaboración de los diseños definitivos”.*

Para cumplir con esta obligación legal, el contrato de consultoría suscrito con el Consorcio MetroBog (Systra-Ingetec), tiene un alcance técnico que parte de definir los criterios y parámetros de la alternativa seleccionada en el Estudio de Prefactibilidad, para luego profundizar en la solución técnica más viable desde el punto de vista técnico, operacional, urbano, ambiental, social, económico y financiero. Este ejercicio de seleccionar las características técnicas de los diferentes componentes del proyecto, permiten estimar un valor del CAPEX, con una grado de incertidumbre entre el 10% y el 15%.

Desde luego, la alternativa seleccionada no llegará a nivel de diseños detallados en esta fase; sin embargo, amplía la información de forma suficiente para los proponentes del proceso de licitación para la construcción de la obra y suministro de material rodantes, equipos electromecánicos, y sistemas ferroviarios. En el alcance de la consultoría, se profundiza en los estudios de redes existentes, infraestructuras y activos existentes, comunidades étnicas y el patrimonio urbano, arquitectónico, cultural y arqueológico que puedan impactar el proyecto.



Como resultado de la Ingeniería Básica o Fase 2- Factibilidad, el Consultor debe entregar recomendaciones y objetivos a tener en cuenta en la Ingeniería de Detalle o Fase 3.

Con los avances del Estudio de Factibilidad, se ha trabajado conjuntamente con el equipo legal y financiero, en la elaboración de una matriz de riesgos.

En los capítulos 5 y 6 de este documento se hace una relación de las principales actividades y productos realizados por el Consorcio MetroBog, hasta la fecha.

## 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

### 4.1 Alcance del Tramo 1 de la PLMB

La administración Distrital de Bogotá, en conjunto con el Gobierno Nacional, ha decidido implantar el Tramo 1 de la Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB), para lo cual el proyecto ha sido optimizado y en la actualidad hace parte de los Proyectos de Interés Nacional Estratégico, declarado como tal el pasado 30 de mayo de 2017, y cuyo objetivo es generar el desarrollo integral de la movilidad de la Región Capital Bogotá, mediante un Sistema Integrado de Transporte Masivo.

El Proyecto se ejecutará en jurisdicciones del Distrito Capital, iniciando desde el patio-taller en la localidad de Bosa hasta la Calle 127, y se ejecutará en dos tramos, atendiendo a la restricción presupuestal vigente, así:

- Tramo 1: Patio-taller hasta la estación Calle 72, más cola de maniobras que va hasta la Calle 80.
- Tramo 2: Calle 80 con Avenida Caracas hasta la Calle 127 con Autopista Norte.

El Tramo 1 de la PLMB es una línea de aproximadamente 23,96 km de longitud entre las estaciones Portal Américas y Calle 72, cola de maniobras al norte de esta estación y un ramal técnico hacia el patio-taller. El sistema contará con 15 estaciones más la estación ALO, que se encontrará localizada en un punto sobre el ramal técnico en correspondencia con la futura troncal de TransMilenio ALO.

La estructuración técnica del Tramo 1 de la PLMB define principalmente el modo metro pero tiene un alto componente de definición de la infraestructura BRT asociada a él. En efecto, la interface que se produce axialmente entre los modos metro y BRT a lo largo de la Avenida Caracas entre las calles 1 y 76, en un segmento de la Avenida NQS, entre Av. Primero de Mayo y Calle 8 Sur y de forma transversal con las estaciones Portal Américas, Av. Boyacá y Av. 68 plantea un desafío técnico y funcional para el proyecto porque ambos modos deberán responder a la demanda con un servicio complementario e integrado. Estaciones complejas como la de la Av. 68 donde no solo el intercambio metro-BRT debe ser resuelto eficientemente sino que se debe modificar la configuración de puentes vehiculares y estructuras de acceso peatonal a las estaciones también plantean un desafío en las interfaces urbanas del proyecto.

El sistema construido para Bogotá será el primer proyecto multimodal metro-BRT de esta envergadura. El consorcio METRO BOG ofrece una gran experiencia y conocimiento de las condiciones urbanas y físicas donde se implantará el proyecto así como competencias de alto nivel para el desarrollo de los modos metro y BRT en el contexto de Bogotá y la infraestructura elevada de la vía y estaciones.

## 4.2 Trazado Tramo 1

La descripción del tramo 1 de la Primera Línea del Metro de Bogotá incluye el trazado en planta optimizado, la ubicación de las estaciones y la definición de la tipología en viaducto en todo su recorrido.

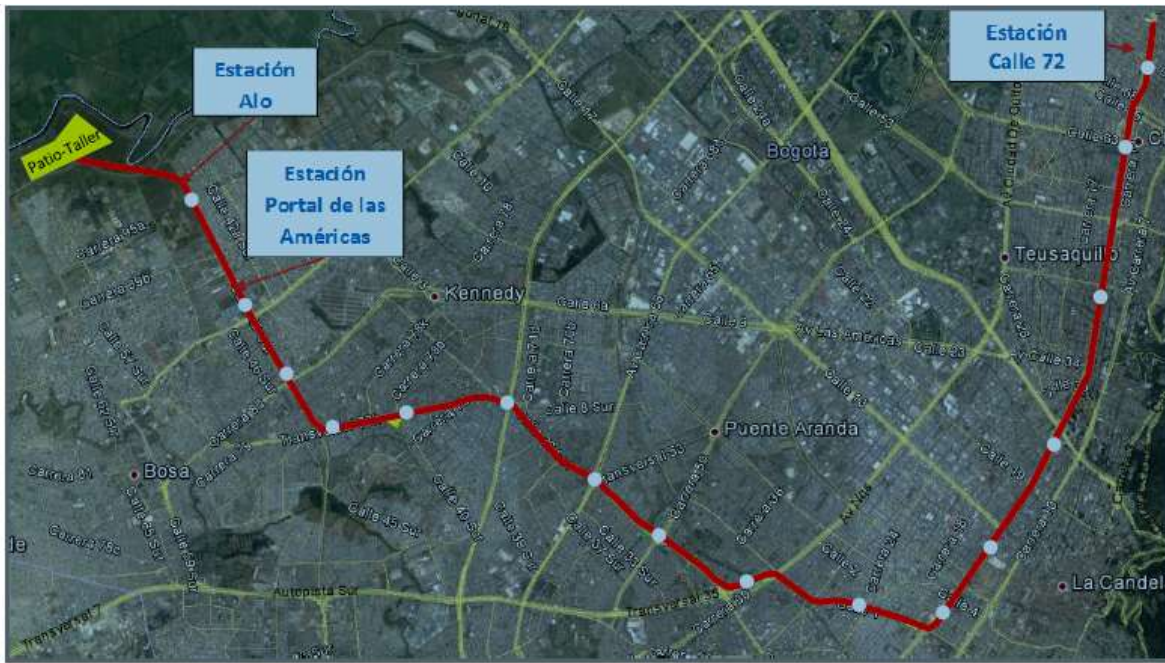
El tramo 1 se ejecutará en jurisdicción del Distrito Capital, iniciando desde el patio-taller en la localidad de Bosa hasta la Calle 72, tendrá una longitud aproximada de 23,96 kilómetros, la cual será en su totalidad elevada. El trazado de la primera etapa inicia desde la intersección de la futura prolongación de la Avenida Villavicencio con la futura Avenida Longitudinal de Occidente (ALO). A partir de ese punto toma la Avenida Villavicencio, en sentido oriental hasta la intersección con la Avenida Primero de Mayo. Por ésta vía continúa en dirección al oriente, teniendo intersecciones con la Avenida Boyacá, Avenida 68 y la Carrera 50 hasta llegar a la Avenida NQS. En este punto realiza un giro a la izquierda para hacer una transición sobre la Avenida NQS y hacer posteriormente un giro a la derecha para continuar por la Calle 8 sur hasta la intersección con la Calle 1. Continúa por el eje del separador central de la Calle 1 hasta la intersección con la Avenida Caracas (Avenida Carrera 14), para tomar dicha Avenida Caracas a la altura de la Calle 72 (la línea incluye una cola de maniobras de 0,6 km que llega hasta la Calle 80).

La PLMB contará con quince (15) estaciones, diez (10) de ellas integradas con troncales de Transmilenio y dejará prevista una estación en sobre la ALO, que se encontrará localizada en un punto sobre el ramal técnico en cercanía con la futura troncal de TransMilenio ALO.

La operación del tramo 1 inicia en la Localidad de Bosa desde el Portal de las Américas y finaliza en la Localidad de Chapinero hasta la Calle 72 y cuenta con un tramo de maniobras de retorno pasando la Calle 76.

Igualmente, se han dejado las provisiones para permitir la prolongación de la línea en ambos extremos de ella (ALO y Calle 72).

A continuación se incluye el esquema de trazado del tramo 1 de la PLMB, incluyendo las estaciones y localización del patio taller.



Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 • Bogotá D.C. - Colombia  
 Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
 Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

## **5. ALCANCE DE LA CONSULTORÍA TÉCNICA (ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA)**

### **5.1 Alcance general y etapas**

La consultoría para la estructuración técnica del proyecto se está realizando con el Consorcio MetroBog conformado por las firmas Systra e Ingetec, empresas que fueron seleccionadas a través del concurso de méritos con precalificación N° 06 de 2016.

El Contrato de consultoría N° 02 de 2017 entre el Consorcio MetroBog y la FDN se firmó el 23 de enero de 2017, con el siguiente objeto: “ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ”. El plazo de ejecución de 14 meses contado a partir del 17 de febrero de 2017, fecha en que se suscribió la respectiva acta de inicio.

En desarrollo del objeto de la consultoría, el Consorcio MetroBog está llevando a cabo una serie de actividades agrupadas en dos etapas, a saber:

- Etapa 1 - Optimización y actualización de los diseños desarrollados durante la Ingeniería Básica avanzada realizada por el Consorcio L1 y considerando las conclusiones del estudio de Ingeniería a de Valor llevado a cabo por SENER, que soportarán los procesos licitatorios del primer tramo de la PLMB, considerando e incorporando las definiciones y criterios técnicos resultantes del estudio realizado por la empresa SYSTRA y el estudio de optimización de la ubicación del patio taller realizado por CONULTORÍA COLOMBIANA S.A (CONCOL).
- Etapa 2 - Estructuración Técnica del Tramo 1 del proyecto, en coordinación con los estructuradores legal y financiero.

### **5.2 Alcance detallado por etapas**

El alcance general de las dos etapas del contrato de consultoría es el siguiente:

- Alcance general de la etapa 1: Optimización y actualización de los diseños.

Los trabajos de consultoría de esta primera etapa, comprenden las siguientes actividades a desarrollar:

- ✓ Recolectar, revisar y analizar los estudios e información existente sobre el corredor de la PLMB, incluyendo los proyectos en ejecución o por ejecutar y que se encuentren aprobados por las distintas instancias competentes. (IDU, ESP, Curadurías, etc.).
- ✓ Identificar las posibles deficiencias en la información disponible, evaluar su impacto en la realización del estudio, y proponer, de ser necesarias, soluciones específicas para suplirlas.

- ✓ Realizar los trabajos de campo complementarios con el fin de adelantar el levantamiento topográfico del corredor y el estudio geofísico y geotécnico, utilizando la tecnología más reciente, así como los que requiera para complementar el de diagnóstico de afectación de redes, que sirva como base para desarrollar todas las tareas de diseño. Igualmente el trabajo de campo que requiera para los estudios ambientales.
- ✓ Realizar el proyecto planialtimétrico de vías y estructuras de la línea en viaducto, de estaciones, talleres y cocheras o patios y edificaciones administrativas y operativas que apliquen, obras complementarias (entre ellas las asociadas a las interferencias con las troncales de Transmilenio), incluyendo el diseño geométrico, arquitectónico y su dimensionamiento estructural, así como los métodos constructivos y los riesgos asociados en su ejecución. Incluye además las respectivas especificaciones.
- ✓ Realizar el proyecto arquitectónico de estaciones elevadas para cada tipo y según su modalidad (terminal, transferencia, de paso o especial), incluyendo todos los elementos electromecánicos (transporte vertical, Baja Tensión, Sistema de detección y extinción de incendios, hidrosanitario, etc.). Incluye además las respectivas especificaciones.
- ✓ Optimizar y actualizar el diseño arquitectónico y funcional de los Talleres y Patios o Cocheras. Se deberá ajustar la ubicación de cada uno de los mismos, así como su distribución y equipamiento, teniendo en cuenta los requerimientos iniciales de explotación de la línea, así como la previsión futura de estacionamientos de trenes y considerando la nueva ubicación de estas instalaciones. Incluye además las respectivas especificaciones.
- ✓ Optimizar y actualizar el diseño arquitectónico y funcional del Puesto Central de Control (PCC), Centro de la operación de la Línea. Deberá realizarse un análisis completo de las actuales tendencias tecnológicas de mercado con el fin de ofrecer, mediante un estudio técnico-económico, la mejor recomendación para el desarrollo del PCC de la PLMB. Igualmente se deberá considerar la nueva ubicación de la edificación, la cual le será definida por la Gerencia del Metro de Bogotá. Incluye además las respectivas especificaciones.
- ✓ Considerar que la explotación de la Línea podrá realizarse con o sin conductores. En este sentido, al Estructurador Técnico se le indicará, por parte de la Gerencia del Metro de Bogotá, el modo de automatización que deberá considerar en sus diseños: GoA2, GoA3 o GoA4. Los diseños que se elaboren deberán incluir sus respectivas especificaciones.
- ✓ Optimizar y actualizar el diseño del sistema de alimentación eléctrica, incluyendo las subestaciones, la red de distribución de media tensión, los elementos de tracción y servicios auxiliares y la línea de contacto, con sus respectivas especificaciones.

- ✓ Optimizar y actualizar los estudios funcionales y diseños de los sistemas de señalización y control de trenes y de protección a los pasajeros (puertas de andén), considerando el nivel de automatización finalmente seleccionado, con sus respectivas especificaciones.
- ✓ Optimizar y actualizar de los estudios funcionales y diseños de los sistemas de ventilación, climatización y calidad de aire en estaciones elevadas, detección y control de incendios, con sus respectivas especificaciones.
- ✓ Optimizar y actualizar los estudios funcionales y diseños de los sistemas de comunicaciones que permitan transmisiones de voz y datos tanto fijos como embarcados (redes de transmisión de voz y datos, radiocomunicaciones, megafonía, telefonía, sistema de información al pasajero, CCTV, billeteaje, control de accesos, cronometría, sistema de supervisión centralizada), con sus respectivas especificaciones técnicas.
- ✓ Optimizar y actualizar las especificaciones técnicas y operativas para la compra del material rodante.
- ✓ Actualización, optimización y ajuste del cálculo de los costos de operación y mantenimiento, y de otros posibles egresos e ingresos que pudieran surgir de la explotación de la Línea. Esta valoración debe ir directamente asociada al diseño funcional de la infraestructura, de manera que permita optimizar la operación del sistema.
- ✓ Ajustar y complementar el presupuesto de ejecución del proyecto, es decir de la infraestructura, instalaciones (ferroviarias y no ferroviarias), material rodante, pruebas individuales y de conjunto, capacitación, puesta en marcha; tomando como punto de referencia la estimación realizada por SYSTRA.
- ✓ Actualizar y ajustar del modelo operacional de la línea.
- ✓ Implementar un sistema de control técnico-administrativo de seguimiento e identificación de interfaces entre sistemas y/o subsistemas de la Primera Línea de Metro.
- ✓ Actualizar, complementar y ajustar los estudios de impacto medioambiental y social, incluyendo en el diseño las medidas de mitigación o correctivas que de éstos se deriven.
- ✓ Realizar un seguimiento de las interfaces entre el diseño de la Primera Línea y los estudios de impacto ambiental y el social.
- ✓ Actualización, complementación y ajustes al producto de la gestión RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety), considerando la nueva configuración del proyecto.



- ✓ Realizar el programa general de obra, incluyendo la elaboración de la ingeniería de detalle, la construcción de la infraestructura, la fabricación y montaje de los equipos e instalaciones, el material rodante, pruebas individuales y de conjunto, capacitación, puesta en marcha. Este programa además debe considerar las externalidades del proyecto tales como tiempos de aprobación y permisos requeridos, ejecución simultánea con otros proyectos de la ciudad, particularmente con las ampliaciones o nuevas troncales de Transmilenio.
- ✓ Elaborar el flujo de inversiones del proyecto considerando la estimación del CAPEX y el programa de obra, elaborados igualmente por el Consultor.
- Alcance general de la Etapa 2: Estructuración Técnica del tramo 1 de la PLMB.

El alcance de la Estructuración Técnica debe enmarcarse en el propósito de aplicar, por parte del Estructurador Técnico, su amplia experiencia en la gerencia y/o estructuración de proyectos de metros, que resulte en la definición de aspectos y documentos técnicos idóneos propios de los contratos y de los pliegos para los procesos de licitación de obra e interventoría del Tramo 1 de la PLMB. Para tal fin, el alcance de la estructuración técnica, cubre:

- ✓ Participar, desde su ámbito técnico, en la actualización y sustentación del diseño de la transacción, conjuntamente con los estructuradores legal y financiero, que comprende:
  - Plan de gestión de riesgos.
  - Definición del modelo de la transacción.
  - Elaboración de hoja de términos.
- ✓ Elaboración de los estudios previos requeridos de acuerdo a la normativa vigente (artículo 20 del Decreto 1510 de 2013), para adelantar los procesos de contratación de la Etapa de construcción de los diferentes componentes del proyecto.
- ✓ Preparación del contenido técnico (apéndices técnicos) de los pre pliegos y pliegos de condiciones del Tramo 1 de la PLMB para la selección de:
  - Contratista(s) de la obra civil, suministro, montajes y pruebas de equipos e instalaciones, material rodante, capacitación y puesta en marcha del sistema, así como los procedimientos de elaboración de los estudios y diseños de la ingeniería de detalle
  - Interventoría(s)
  - Auscultación (En caso de definirse como un contrato aparte de los contratos de obra e interventoría).
- ✓ Diseño, implementación y administración del Cuarto de Datos del proyecto.



- ✓ Participación en la promoción de las licitaciones y/o concursos, además del acompañamiento durante la selección hasta la firma de los contratos que de estos procesos se deriven.

## **6. CONTENIDO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

Como parte del desarrollo de la actualización y optimización de los diseños del tramo 1 de la PLMB, a continuación se detalla el estado de los diseños a nivel de factibilidad, incluyendo:

6.1 Recopilación y análisis de la información existente.

6.2 Estudios de demanda.

6.3 Definición de criterios y parámetros de diseño.

6.4 Trabajos de campo.

6.5 Gestión predial.

6.6 Avances que se tienen a la fecha en los productos de la Optimización y actualización de los diseños la factibilidad, por cada una de las disciplinas. Se incluye descripción de los componentes de la obra civil y de los equipos y sistemas ferroviarios, estimación de CAPEX y OPEX y Plan de obras

### **6.1 Recopilación y análisis de información existente.**

El estudio de factibilidad se ha basado en resultados de estudios anteriores realizados igualmente a nivel de factibilidad, los cuales fueron indicados en el numeral 2 de este documento, y que se convierten en insumo o componente de los trabajos de campo y las definiciones de criterios de diseño. El propósito fundamental del análisis de la información existente es determinar qué información técnica podría ser considerada en la fase de actualización y optimización de diseños y a partir de allí identificar los trabajos de campo complementarios y ajustes en los criterios de diseños aplicables a la infraestructura de la PLMB, que constituyen la información con que se estructura el Estudio de Factibilidad. Las conclusiones del análisis efectuado por el Consorcio MetroBog a los distintos productos de la Ingeniería Básica Avanzada fueron:

- **PR01 – LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

- ✓ El estudio topográfico está hecho según la normativa aplicable; no obstante, debe ser actualizado y complementado teniendo en cuenta que no abarca toda la zona del proyecto actual y la fecha en que fue elaborado.

- ✓ Los datos de las placas materializadas en campo, a lo largo del corredor de la Línea del Metro, en la actualidad pueden presentar dificultad en su ubicación o no existir, esta información se debe actualizar y complementar.
  - ✓ Los pasos peatonales (pasos a nivel, pasarelas) no siempre están marcados. En los pasos inferiores y puentes, las altimetrías están indicadas únicamente por un nivel y no por los dos.
  - ✓ Se debe realizar la revisión de la información geográfica base de los datos utilizados para el proyecto de referencia del IGAC y la EAB en cuanto a sus coordenadas geográficas, altura elipsoidal y coordenadas planas.
  - ✓ El levantamiento topográfico de los Tramos 1 y 2 corresponden geográficamente a la actual configuración del proyecto; por su parte los tramos 3 y 4 están fuera de la zona.
  - ✓ El sistema de referencia del levantamiento topográfico se encuentra en Magna – Colombia – Origen Bogotá, el sistema que se debe utilizar para el desarrollo de los nuevos estudios de la Estructuración Técnica del Tramo 1 de la PLMB, corresponde al sistema de referencia MAGNA SIRGAS, como DATUM horizontal oficial, época 95.4 o la época oficial vigente, en coordenadas planas Cartesianas ciudad de Bogotá.
  - ✓ La información geográfica del levantamiento topográfico, debe contar con la información del estado de referencia actual.
  - ✓ Se recomienda llevar a las condiciones actuales de la topografía, realizando un levantamiento topográfico (levantamiento Lidar, toma de fotografías aéreas y levantamiento escáner terrestre) de todo el corredor de la Primera Línea del Metro con el área del Patio Taller y la ubicación de una nueva red de GPS, poligonales y nivelación debidamente amojonada.
- PR02 y P03. ESTUDIO GEOTECNICO
    - ✓ El estudio corresponde a los diseños de la línea subterránea la cual comparte el trazado con el alineamiento del metro elevado únicamente en el sector Portal Américas hasta Avenida Caracas con Calle 6. La información se empleó como base para el estudio elaborado por SYSTRA en el año 2016, y se considera válida en términos de estratigrafía y evaluación de propiedades mecánicas de los suelos, sin embargo, al cambiar la tipología del metro los diseños se consideran obsoletos.
  - PR04 – TUNEL
    - ✓ No aplica.

- PR05.- DIAGNÓSTICO DE INTERFERENCIAS CON REDES.
  - ✓ La información existente es pertinente en todo el alcance del presente contrato, sin embargo en el corredor sobre el cual no se tiene información (Av Caracas) se debe realizar el levantamiento de la información en campo, la comparación de ésta con la información que se reciba de las empresas de servicios públicos y la evaluación de alternativas de solución a las interferencias con las redes presentes en el trazado.
  
- PR06 – DISEÑO GEOMÉTRICO – TRAZADO
  - ✓ Las secciones Tramo 1 y Tramo 2 corresponden geográficamente a la configuración actual del proyecto, los tramos 3 y 4 están fuera de la zona. El corredor es lo mismo, no obstante la integración urbana es diferente entre el subterráneo los estudios anteriores y el proyecto aéreo a venir que ya sea en plano o en perfil.
  - ✓ Ciertas normas (trazado, aparatos de vía) son siempre pertinentes, otros parámetros son a redefinir (ancho de las vías, estaciones, material rodante, mantención, etc.). Los métodos de construcción no son aplicados a un proyecto aéreo. El esquema de vía debe rehacerse.
  - ✓ Los movimientos de tierra tales como los estudiados no se aplican a un proyecto aéreo.
  - ✓ Las secciones transversales cada 20 metros no se aplican al nivel de estudios actuales.
  
- PR07. PROYECTO DE ESTRUCTURAS (OBRA CIVIL).
  - ✓ El inventario de pasarelas afectadas en las zonas coincidentes con el recorrido del proyecto, debe reevaluarse, las obras de reforzamiento de la cimentación de los puentes peatonales, así como el diseño de obras subterráneas, no es aplicable al proyecto. Los box culverts diseñados no fueron revisados a la luz de la normatividad vigente.
  
- PR08. PROYECTO ESTRUCTURAL DE ESTACIONES.
  - ✓ Las estructuras de las estaciones presentadas en el entregable 8 son improcedentes al ser subterráneas cuando el trazado presente es aéreo al 100%. Se recuperarán los datos relativos a las características de los materiales y a las cargas de diseño (en particular las cargas sísmicas).
  
- PR10-14-16-22-25. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN.

- ✓ Partes de las estimaciones se pueden conservar, pero se necesitará de actualizarlos y simplificarlos de acuerdo al diseño final de la PLMB.
- PR12. - PAISAJISMO Y URBANISMO
  - ✓ Los elementos de análisis, recopilación de la información, diagnóstico, propuesta de anteproyecto y proyecto son claros y específicos para el urbanismo de un metro subterráneo en donde las intervenciones se concentran en las estaciones y en eventuales puntos de acceso al sistema; sin embargo, para el urbanismo de un metro elevado con un menor número de estaciones y una mayor interdistancia entre sí, bajo la premisa que variará el volumen de los flujos de movilidad y afluencias de personas a las estaciones se requiere de un re-análisis de la información existente y un rediseño a lo largo del recorrido de la PLMB, convirtiendo la información existente (Inventarios, análisis, diagnósticos, memorias, criterios de diseño especificaciones técnicas, anteproyecto y proyecto) en un insumo útil a la luz del rediseño urbanístico y paisajístico a lo largo de la PLMB.
- PR09 y PR15. TALLERES Y COCHERAS.
  - ✓ En los estudios, el dimensionamiento de los talleres se debe actualizar con los últimos datos de entrada:
    - La localización y el área disponible de los talleres.
    - La flota de trenes (inicial y a futuro) que depende de la actualización del modelo de operación.
    - Estrategia de garaje de los trenes.
    - El radio mínimo de curva.
    - La política de mantenimiento.
    - El modo de conducción GoA4.
    - El tipo de captación de los trenes (tercer riel 750V).
  - ✓ Todas las especialidades se deben actualizar basando en este nuevo plano funcional.
  - ✓ Partes de las especificaciones técnicas se pueden conservar, pero se necesitara de actualizarlas de acuerdo al diseño final de los talleres.
- PR17. PUESTO CENTRAL DE OPERACIONES – PCC.

- ✓ El dimensionamiento del puesto central de operaciones se debe actualizar con los últimos datos de entrada:
  - La ubicación y el área disponible para el PCC.
  - Plan de operación.
- ✓ Partes de las especificaciones funcionales y técnicas hardware y software se pueden conservar, pero se necesitará de actualizarlas de acuerdo al diseño final del puesto central de operaciones.
- ✓ Además, las especificaciones funcionales y técnicas hardware y software se reorganizarán de acuerdo al método de gestión de las exigencias para asegurar un diseño integrado y coordinado entre los sistemas con un nivel de detalle definido con exigencias de nivel funcional que asegura una licitación abierta a la mayoría de los fabricantes.

- **PR18. SISTEMA DE ALIMENTACION ELÉCTRICA**

- ✓ El dimensionamiento del sistema de alimentación eléctrica debe actualizarse con los últimos datos de entrada:
  - Plan de operación.
  - El trazado y perfil final (con la ubicación de las estaciones y talleres & cocheras de la PLMB).
  - El nivel de automatización (GoA4).
  - El tipo y voltaje de captación (tercer riel 750V).
- ✓ Se debe actualizar la simulación eléctrica de la red de tracción y la ubicación de las SERs.
- ✓ Partes de las especificaciones funcionales y técnicas se pueden conservar, pero se necesitará actualizarlas de acuerdo al diseño final del sistema de alimentación eléctrica.
- ✓ Los planos se van a simplificar (solamente las arquitecturas principales y planos tipos para las CT y SET se van a definir) y actualizar de acuerdo a los últimos diseños de estaciones de la PLMB.
- ✓ Las especificaciones funcionales y técnicas se reorganizarán de acuerdo al método de gestión de las exigencias para asegurar un diseño integrado y coordinado entre los sistemas con un nivel de detalle definido con exigencias funcionales, que asegura una licitación abierta a la mayoría de los fabricantes.

- PR19. SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES.

- ✓ El dimensionamiento de la señalización y control de trenes se actualizará con los últimos datos de entrada:
  - Modelo de Operación.
  - La frecuencia de los trenes (inicial y al futuro).
  - El nivel de automatización (GoA4).
- ✓ Partes de las especificaciones funcionales y técnicas se pueden conservar, pero se necesitará actualizarlas de acuerdo al diseño final de la señalización y control de trenes.
- ✓ Los planos se van a simplificar (solamente las arquitecturas principales y planos tipos se van a definir) y actualizar de acuerdo a los últimos trazados de la PLMB (incluyendo en los talleres).
- ✓ Las especificaciones funcionales y técnicas se reorganizarán de acuerdo al método de gestión de las exigencias para asegurar un diseño integrado y coordinado entre los sistemas con un nivel de detalle definido con exigencias de nivel funcional que asegura una licitación abierta a la mayoría de los fabricantes

- PR20. SISTEMA DE PROTECCIÓN A PASAJEROS (PUERTAS DE ANDÉN).

- ✓ Los presupuestos de cargas sobre las obras civiles se van a actualizar
- ✓ Partes de las especificaciones funcionales y técnicas se pueden conservar, pero se necesitará de actualizarlas de acuerdo al diseño final de las PDA. Se necesita eliminar todas las partes que dependen de la solución de los fabricantes.
- ✓ Además, las especificaciones funcionales y técnicas se reorganizarán de acuerdo al método de gestión de las exigencias para asegurar un diseño integrado y coordinado entre los sistemas con un nivel de detalle definido con exigencias de nivel funcional que asegura una licitación abierta a la mayoría de los fabricantes.

- PR21. SISTEMA DE COMUNICACIONES.

- ✓ El dimensionamiento de los sistemas de comunicaciones se debe actualizar con los últimos datos de entrada:
  - Configuración final de la PLMB.
  - Plan de operación.
  - Política de precios (para el billeteaje).
  - El nivel de integración con el SIRCI.
- ✓ Partes de las especificaciones funcionales y técnicas se pueden conservar, pero se necesitará actualizarlas de acuerdo al diseño final de los sistemas de comunicaciones. Se necesita también eliminar todas las partes que dependen de la solución de los fabricantes.
- ✓ Los planos se van a simplificar (solamente las arquitecturas principales y planos tipos se van a definir) y actualizar de acuerdo a la última configuración de la PLMB (incluyendo en los talleres).
- ✓ Además las especificaciones funcionales y técnicas se reorganizarán de acuerdo al método de gestión de las exigencias para asegurar un diseño integrado y coordinado entre los sistemas con un nivel de detalle definido con exigencias funcionales que asegura una licitación abierta a la mayoría de los fabricantes.
- PR23. RAMS
  - ✓ Partes de los documentos se puede conservar, pero se necesitará actualizarlos y simplificarlos de acuerdo al diseño final de la PLMB.
- PR24. MATERIAL RODANTE.



- ✓ El dimensionamiento del material rodante se va a actualizar con los últimos datos de entrada:
  - Plan de operación.
  - La frecuencia de los trenes (inicial y al futuro).
  - Tipo de evacuación.
  - El nivel de automatización (GoA4).
  - El tipo de captación de los trenes (tercer riel 750V).
  
- ✓ Gracias a los datos del modelo de Operación se va a actualizar la flota y la capacidad requerida de los trenes. Con la capacidad requerida se va a actualizar el dimensionamiento de los trenes (dimensiones, gálibos y características de tracción/freno).
- ✓ Partes de las especificaciones funcionales y técnicas se pueden conservar, pero se necesitará actualizarlas de acuerdo al diseño final del material rodante.
- ✓ Además, las especificaciones funcionales y técnicas se reorganizarán de acuerdo al método de la gestión de las exigencias para asegurar un diseño integrado y coordinado entre los sistemas con un nivel de detalle definido con exigencias de nivel funcional que asegura una licitación abierta a la mayoría de los fabricantes.
  
- PR26 - ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.
  - ✓ Las estimaciones se van a actualizar de acuerdo al nuevo diseño (línea aérea y nuevos sistemas) y los planes de Operación y de Mantenimiento actualizados. Una vez actualizados con los nuevos datos de la demanda para definir los criterios siguientes:
    - Coches.km,
    - Necesidad de personal,
    - Consumos de Energía.
  
- PR28 a PR33 – RAMAL TÉCNICO
  - ✓ La localización del patio taller cambia de sitio. Se reutilizarán la información de campo levantada en el tramo en que coincide el trazado del ramal técnico; e igualmente se pueden utilizar algunos parámetros de diseño.

- PRODUCTO 34 - SUPERESTRUCTURA DE VÍA.
  - ✓ Este producto puede ser reutilizado, efectuando ajustes al considerar la no existencia de tramos en túnel.

## 6.2 Estudio de demanda

La Secretaría Distrital de Movilidad como insumo base para la estructuración del proyecto, elaboró las modelaciones de demanda para 2022, 2030 y 2050, empleados como base para la estimación de la demanda de la Primera Línea de Metro de Bogotá. A continuación se recopilan los principales supuestos y actualizaciones del modelo de transporte de 4 pasos adelantado por la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM), así como los resultados obtenidos de las modelaciones.

### 7.2.1. Generalidades del modelo de 4 etapas de Bogotá.

El modelo de 4 etapas usado para la realización de los ejercicios de estimación de demanda del metro en el marco de la consultoría desarrollada por SYSTRA en el año 2016 y que tiene por objeto la “Elaboración de un estudio que compare alternativas de ejecución por tramos y tipologías de la Primera Línea del Metro para Bogotá”, es propiedad de la Secretaría Distrital de Movilidad y fue construido durante los siguientes estudios y consultorías:

- Modelo Unificado (2007-2010): modelo de asignación de vehículo privado, transporte público y carga. 824 zonas.
- Modelo Metro (SENER, 2010): modelo de cuatro etapas que incorpora generación, atracción, distribución, selección modal y pivote. 824 zonas.
- Revisión del Modelo de Transporte de Cuatro Etapas (Steer Davies Gleave, 2011): consolida modelos Unificado y Metro en una herramienta. 863 zonas.
- Encuesta de Movilidad (SDG, 2011): calibración del modelo de asignación con nueva zonificación y matrices resultantes de la encuesta. 945 zonas.
- Red Metro ligero (SDG, 2013): calibración del modelo de asignación de transporte público con los resultados del ejercicio de preferencias declaradas (valor del tiempo por estrato, coeficientes de funciones de costo, constantes modales).
- Estimación de Demanda para la Primera Línea de Metro (Steer Davies Gleave para el Consorcio L1, 2013): modelo de generación y modelos de asignación.
- Modelo de Cuatro Etapas para el proyecto de Cobros por Congestión (Steer Davies Gleave, 2013-2014): calibración de modelos de generación, atracción, selección modal y asignación de

vehículo privado y transporte público a partir de la información de la Encuesta de Movilidad 2011.

- Proyecto de Asociación Pública Privada “Bogotá Eléktrika” (Steer Davies Gleave para BOGOTA ELEKTRIKA SAS, 2014): Actualización modelo de redes de transporte público.

Este modelo de 4 etapas se compone de los siguientes procesos principales:

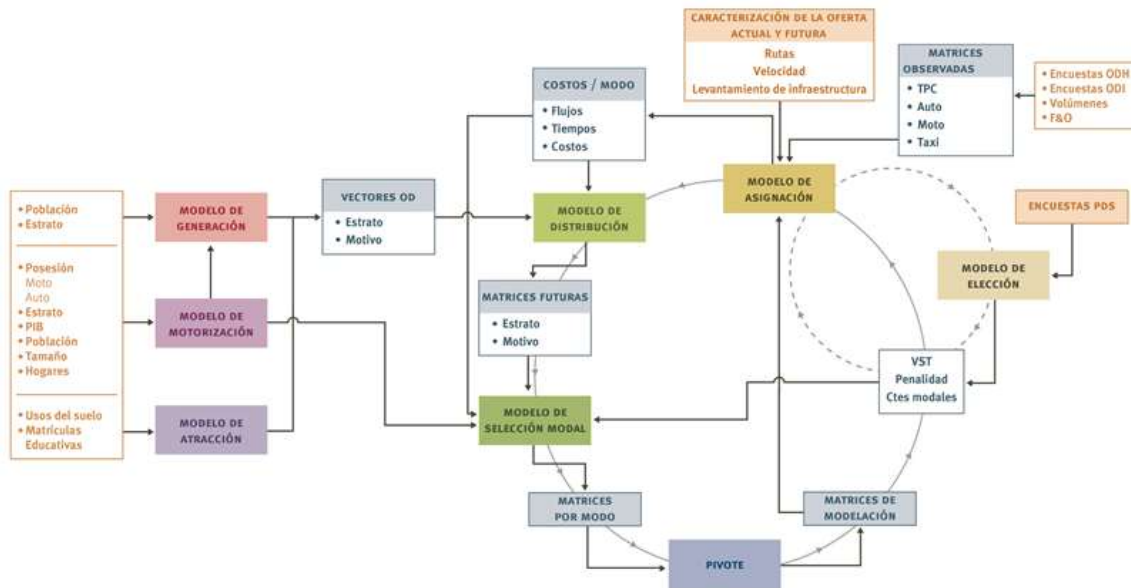


Figura: Flujograma de procesos del modelo de 4 etapas de Bogotá

Fuente: Steer Davies Gleave

Las cajas de color naranja claro en la figura anterior contienen los principales insumos del modelo y a continuación se explica cuáles de esos componentes se actualizaron durante el trabajo realizado por la Secretaría Distrital de Movilidad en el primer semestre de 2016.

A partir del modelo de 4 etapas trabajado por BOGOTA ELEKTRIKA SAS y devuelto a la Secretaría Distrital de Movilidad en octubre de 2014, entre enero y junio de 2016 se realizó un proceso de actualización de componentes de transporte público y privado, con el objetivo de preparar la herramienta que sería utilizada en el estudio de comparación de alternativas de ejecución por tramos y tipologías de la Primera Línea del Metro para Bogotá. Dentro de este proceso de actualización se adelantaron las siguientes actividades:

1. Actualización de la calibración del modelo de asignación de transporte público con base en los volúmenes recolectados en la red de monitoreo de tránsito de la Secretaría Distrital de Movilidad, los aforos de frecuencia y ocupación visual y las velocidades de TRANSMILENIO S.A.
2. Actualización de la oferta de transporte público de TransMilenio Zonal y Troncal en el escenario base (2016)
3. Actualización de la calibración del modelo de asignación de transporte privado con base en los volúmenes recolectados en la red de monitoreo de tránsito de la Secretaría Distrital de Movilidad
4. Revisión y actualización de la red de transporte público y privado para el adecuado funcionamiento de los proyectos actuales y futuros
5. Actualización de los años 2014 y 2015 en la serie histórica de parque automotor de carros y motos en el modelo de motorización que alimenta el proceso de distribución modal
6. Incorporación de estudio de estimación de demanda en el municipio de Soacha realizado por TRANSMILENIO S.A.
7. Actualización de vectores de población por zona de transporte (ZAT) con base en la información suministrada por la Secretaría Distrital de Planeación en junio de 2016 y la proyección de población por municipio realizada por el Departamento Nacional de Planeación

La información primaria utilizada es de octubre de 2015 y de principios de 2016 y dio como resultado matrices base de transporte público y privado actualizadas a 2016.

La hora de modelación es la hora pico de la mañana y es de 6:30-7:30. Todos los resultados entregados corresponden a este horario.

### 6.2.1.1 Supuestos tarifarios en transporte público

Las tarifas usadas en este proceso de modelación son las siguientes:

<b>Modo de transporte</b>	<b>Tarifa (\$)</b>
TransMilenio Zonal	\$ 1.700
TransMilenio Troncal	\$ 2.000
TransMilenio Zonal + Troncal	\$ 2.000
Metro	\$ 2.000
Metro + TransMilenio Zonal	\$ 2.000
Metro + TransMilenio Troncal	\$ 2.000

#### ***Supuestos tarifarios de transporte público en todos los escenarios***

Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B · Piso 6 · Bogotá D.C. - Colombia  
 Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
 Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

Fuente: Resumen ejecutivo supuestos y resultados de modelación. SDM

### 6.2.1.2 Supuestos de proyección de población.

Las proyecciones de población por ZAT y por municipio son un insumo clave para el modelo de 4 etapas pues esta información combinada con las tasas de generación de viajes por estrato determina los viajes que conformarán las matrices modeladas.

Dado que la población esperada en la zona de influencia del modelo y su distribución en el territorio cambió de acuerdo con las proyecciones de la Secretaría Distrital de Planeación y el Departamento Nacional de Planeación, se realizó una actualización de los vectores por grupo de edad y por ZAT. Los grupos de edad que se usan en el modelo de 4 etapas fueron definidos en 2011 de acuerdo con las tasas de generación resultantes de la Encuesta de Movilidad y son:

- 5-24
- 15-64

El proceso de actualización de los vectores de población fue el siguiente:



#### **Proceso de actualización de vectores de población a 2016, 2022, 2030 y 2050**

Fuente: Resumen ejecutivo supuestos y resultados de modelación. SDM

Por su parte, la Secretaría Distrital de Planeación (SDP) mediante instrumentos de planificación tales como: Planes Maestros, Planes Parciales de Desarrollo, Operaciones Estratégicas, Renovación Urbana y Conservación, ordena el desarrollo de las diferentes actividades de la ciudad.

La SDP ejerce importantes funciones en las fases de formulación, aprobación y ejecución de los diferentes instrumentos. Con lo anterior, posee la información detallada de los cambios en la ordenación del territorio de la ciudad en concordancia con los objetivos, directrices, políticas y estrategias para administrar el desarrollo físico espacial del territorio y la utilización del suelo.

Con base en lo anterior, se definió la ordenación del territorio en función de los instrumentos de planeación que se emplean como guía para hacer uso y aprovechamiento del suelo de forma eficaz y eficiente. Se definieron las siguientes clases:

- **POZ NORTE:** Territorio de nuevo desarrollo con disposición de albergar crecimiento de población de hasta 200 habitantes/hectárea con estratos 2, 3, 4, y 5.
- **CIUDAD NORTE:** Territorio de nuevo desarrollo con disposición de albergar crecimiento de población de hasta 260 habitantes/hectárea con Estrato 5 predominante.
- **TRANSPORTE:** Territorio Existente con disposición de albergar crecimiento de población debido a la cercanía a los corredores de transporte (Transmilenio y Metro) de hasta 300 habitantes/hectárea con Estratos 1 a 5.
- **DENSO:** Territorio Existente con concentraciones altas de habitantes/hectárea con Estratos 1 a 5. La densidad de Habitantes/Hectárea llega a tener valores por encima de 500. Se destaca la ausencia de vías y dotacionales por lo que en el futuro se espera la construcción de estos y la disminución de la población que migrará a las zonas de desarrollo previstas. Con esta consideración se definen cuáles de estos territorios disminuyen en el futuro y se define la categoría DENSO DISM.
- **CONSERVACIÓN:** Territorio existente que por las características que posee no va a tener cambios sustanciales en su desarrollo futuro manteniéndose aproximadamente igual características de densidad de población de hasta 150 habitantes/hectárea. Se destacan las categorías de conservación integral, tipológica y monumental que involucra los inmuebles de estas clases.
- **POR DEFINIR:** Territorio sobre el cual en la actualidad no se tiene certeza de su tratamiento en el corto, mediano y largo plazo.

### **6.2.1.3 Supuestos de oferta de transporte para los escenarios futuros**

Para la modelación de la demanda del metro a los diferentes horizontes se proyectó la oferta de transporte público y la red vial para transporte privado.

### 6.2.1.3.1 Transporte público

La oferta de troncales de TransMilenio y el Metro, se presenta a continuación los tramos o los corredores completos que se esperan desarrollar en la ciudad. En particular, para el año 2022, los corredores y tramos de troncales fueron seleccionados de acuerdo con lo planteado en el CONPES 3882 junto con los procesos de diseño que se adelantan actualmente.

2022	2030	2050
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carrera 68</li> <li>• Calle 100</li> <li>• Carrera 7 hasta la Calle 200</li> <li>• Autonorte hasta la calle 193</li> <li>• Extensión de la Calle 80</li> <li>• Extensión Caracas a Yomasa</li> <li>• Soacha Fase 2 y 3</li> <li>• Cali (Bosa-Américas)</li> <li>• Cali (Soacha-Bosa)</li> <li>• Cali (Américas-Portal Suba)</li> <li>• Boyacá (Autosur-CI 26)</li> <li>• Boyacá (CI 26 – CI 80)</li> <li>• Metro (Américas - CI 72)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea de metro (Calle 72-CI 127)</li> <li>• Avenida Boyacá (Calle 80 – Guaymaral)</li> <li>• Calle 63</li> <li>• Calle 13</li> <li>• Extensión Autonorte hasta la Calle 235</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calle 127</li> <li>• Calle 170</li> <li>• Av. Villavicencio</li> <li>• Av. Gaitán Cortés</li> <li>• Avenida Longitudinal de Occidente</li> <li>• Corredor Férreo del Norte</li> <li>• Corredor Férreo del Sur</li> </ul>

Tabla 4 Incorporación de oferta de transporte público masivo según horizonte

Fuente: Resumen ejecutivo supuestos y resultados de modelación. SDM

El diseño de rutas troncales se realiza de manera estratégica, lo que significa que no se hacen diseños operacionales detallados ni se diseñan rutas expresas. Las conexiones que se ofrecen son las de mayor demanda y la frecuencia se asigna con base en lo que actualmente se encuentra en operación en troncales de demanda máxima similares.

La velocidad de las nuevas troncales también se asigna con base en la velocidad resultante de troncales actuales similares teniendo en cuenta servicios corrientes, expresos y su evolución:

- Frecuencia combinada de las troncales nuevas: 100 buses/h
- Velocidad promedio de las troncales nuevas: 28 km/h
- Frecuencia de la línea del metro: 40 trenes /h



- Velocidad comercial de la línea del metro: 40 km/h

Con relación al componente zonal, se toma como base las rutas del escenario de implementación del 100% del SITP, con base en información enviada por TRANSMILENIO S.A. Se eliminan o modifican algunas rutas teniendo en cuenta el traslape de las mismas con las nuevas rutas de TransMilenio Troncal.

Las rutas de transporte público intermunicipal se modifican haciendo que lleguen hasta las entradas de la ciudad, teniendo en cuenta el mejoramiento de la oferta del sistema de transporte masivo en la zona urbana y de los nodos de integración modal proyectados en la ciudad.

Respecto del metro, se precisa que para el horizonte 2022 se modeló hasta el nodo de terminación de la estación de la calle 72, en 2030 hasta la calle 127 y en 2050 se incorporan tres líneas de metro a saber:

- a. Portal Américas – Portal Norte
- b. Portal Américas – Portal Calle 80
- c. Portal Américas – Portal Suba

La integración física de la línea de metro con las troncales de TransMilenio se modela como si las dos estaciones estuvieran en el mismo eje y ubicación, lo que resulta en un tiempo de caminata de máximo 100 metros.

En el caso de los escenarios que incorporan viajes originados en Mosquera y que se incorporan al metro, en el anexo 2 se presentan los supuestos empleados en la estimación de esta demanda potencial, insumo suministrado por el Metro de Bogotá a la Secretaría Distrital de Movilidad para considerarse en la modelación de dichos escenarios.

#### **6.2.1.3.2 Transporte privado**

En 2020 y 2030 se mantiene la misma oferta de 2016 y en 2050 se incrementa en 10% la capacidad de toda la red, con el objetivo de simular las mejoras que se deben construir en los próximos 34 años para el tráfico mixto de la ciudad.

También se debe tener en cuenta que en las vías donde se incluye una troncal de TransMilenio se asume que la sección para los vehículos del tráfico mixto se mantiene.

#### **7.2.2. Resultados de modelación de la demanda en los diferentes horizontes**



Al correr el modelo con la combinación de los supuestos mencionados anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados en los tres horizontes de modelación, para la hora pico de la mañana.

Variable	2022	2030	2050		
			SIN Mosquera	CON Mosquera pesimista	CON Mosquera optimista
Transporte público (viajes)	655.887	681.616	1.007.530	1.019.030	1.026.730
Auto (viajes)	210.877	255.836	369.666	369.666	369.666
Moto (viajes)	97.548	123.197	177.698	177.698	177.698
Taxi (viajes)	50.261	50.260	63.774	63.774	63.774
Total (viajes)	803.696	1.110.909	1.618.668	1.630.168	1.637.868
Tiempo de viaje Total en Transporte publico (Miles de minutos)	36.820,0	40.540	73.220	74.660	75.250
Tiempo de viaje Total en Transporte Privado (Miles de minutos)	6.990,0	8.720	10.880	10.880	10.880
Tiempo de viaje promedio en Transporte Público (Minutos)	56	59	73	73	73
Tiempo de viaje Promedio en Transporte Privado (Minutos)	33	34	29	29	29
Carga Máxima metro (pphd)	26.492	32.867	51.616	51.978	53.366
Total Abordajes Metro	47.252	78.228	155.420	173.436	181.134

Tabla 5 Indicadores generales según horizonte

Fuente: Resumen ejecutivo supuestos y resultados de modelación. SDM

Igualmente, se determinó la demanda de cada una de las estaciones del metro para cada uno de los años y escenarios de análisis. Dado que el ejercicio de modelación realizado comprende el análisis y optimización de la Primera Línea de Metro hasta la 127, los resultados para 2050 sólo presentan las demandas por estación ubicadas en el corredor sur occidental, la Caracas y la Autopista Norte hasta la Calle 127, las demás estaciones y ramales del metro se modelaron de manera estratégica.

Los resultados de esta modelación se pueden consultar en el resumen ejecutivo supuestos y resultados de modelación elaborado por la SDM, los cuales se incluyen en el anexo 2.

### 6.3 Definición de criterios y parámetros de diseño.

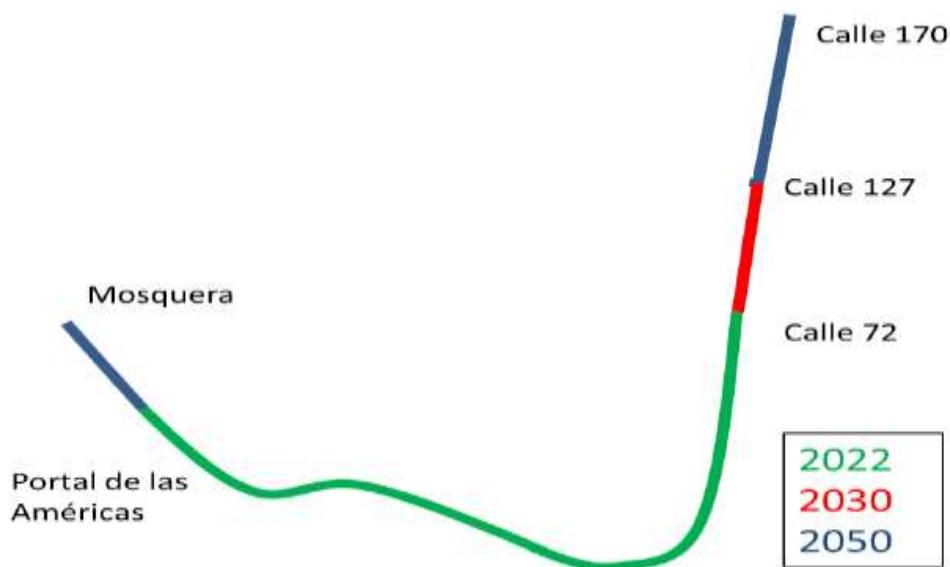
Los siguientes son los criterios y parámetros que entre los meses de marzo y julio de 2017 fueron definidos por parte de la consultoría, en talleres con delegados de la Empresa Metro de Bogotá, la Alcaldía Mayor, la Empresa Metro de Santiago de Chile y la FDN. Estos criterios de diseño sustentan

la factibilidad del proyecto, y son la base para la estimación del valor de la inversión y de los costos de operación y mantenimiento, así como el plan de obras.

### 7.3.1. Operacionales y flota de trenes.

A continuación se detallan los criterios y parámetros del sistema operacional, que a su vez definen el dimensionamiento de la flota de trenes para diferentes escenarios.

- **Esquema de la línea:**



- **Datos de demanda (Tráfico Máximo):**

- Escenario Año 2022: 26.492 PPHPD (Tramo más cargado: Santander – Hospitales)
- Escenario Año 2030: 32.868 PPHPD (Tramo más cargado: Rosario – NQS)
- Escenario Año 2050: 55.543 PPHPD

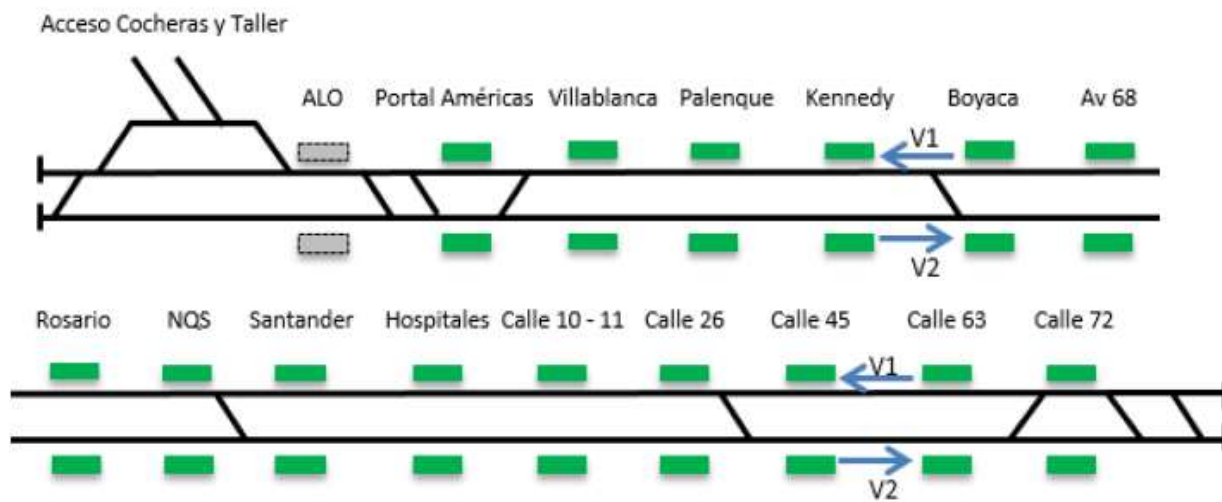
*PPHPD: Pasajeros por hora y por destino*

- **Material rodante:**

Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 · Bogotá D.C. - Colombia  
 Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
 Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

- Ancho: 2,90 m
- Trenes sin cabina de conductor
- Capacidad con 6p/m<sup>2</sup>: 1.778 pasajeros
- 3 o 4 puertas de cada lado por coche
- Longitud: 140 m
- Configuración: 6 o 7 vagones (configuración estándar de 7 vagones, con opción de 6 vagones)

• **Esquema de vías:**



• **Tiempos de recorrido y Velocidad Comercial media:**

Misión		I = 180s
Portal de las Américas – Calle 72	Tiempo de retorno en Portal de las Américas	02min11s
	Tiempo total entre cabeceras, vía 1	27min05s
	Tiempo de retorno en Calle 72	02min11s
	Tiempo total entre cabeceras, vía 2	27min09s
	<b>Tiempo de Vuelta Redonda (TVR)</b>	<b>58min36s</b>

Nota: Durée (Duración de la vuelta) en formato de horas: minutos: segundos

- **Capacidad del sistema:**

- Intervalo de servicio en el año 2022: 3 minutos, con trenes de 140 m de longitud.
- Otras consideraciones:
  - Intervalo inferior al necesario para satisfacer la demanda - > Mayor confort a la puesta en servicio: ~ 4 pasajeros/m<sup>2</sup>
  - Atractividad del sistema
  - Capacidad de acoger un aumento de la demanda mayor del previsto
  - Transición mas fácil entre el escenario 1 y el escenario 3: compra de trenes para satisfacer la demanda y preparar la fase 2.

- **Flota año 2022:**

<b>Intervalo</b>	180s
<b>Tiempo de Vuelta Redonda</b>	58min36s
<b>Trenes en operación</b>	20
<b>Trenes en mantenimiento</b>	2
<b>Trenes de reserva</b>	1
<b>Trenes totales</b>	<b>23</b>

Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 · Bogotá D.C. - Colombia  
 Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
 Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

- **Flota año 2030:**

<b>Intervalo</b>	<b>180s</b>
<b>Tiempo de Vuelta Redonda</b>	<b>01:14:21</b>
<b>Trenes en operación</b>	<b>23</b>
<b>Trenes en mantenimiento</b>	<b>3</b>
<b>Trenes de reserva</b>	<b>1</b>
<b>Trenes totales</b>	<b>27</b>

### 7.3.2. Diseño geométrico férreo.

- **Parámetros para diseño geométrico en planta:**

<b>Parámetro</b>	<b>Valores recomendados</b>	<b>Valores excepcionales</b>
Ancho de vía	1435 mm	
Radio mínimo en planta	400 m	160 m
Radio mínimo en estación	Recta	
Longitud mínima elemento (recta, curva, clotoide)	20 m	
Longitud mínima de andén en estación	150 m	
Longitud mínima de alineación restante en estación	180 m	150 m
Intereje	3.50 m	
Velocidad máxima de concepción	90 Km/h	
Peralte máximo	140 mm	
Insuficiencia máxima de peralte	100 mm	
Aceleración no compensada	0.65 m/s <sup>2</sup>	
Variación máxima del peralte con el tiempo	50 mm/s	
Variación máxima de la insuficiencia con el tiempo	60 mm/s	
Variación máxima de aceleración no compensada con el tiempo	0.40 m/s <sup>3</sup>	
Variación máxima de peralte	180/V ≤3 mm/m	180/V ≤4 mm/m

- Parámetros para diseño geométrico en alzado:

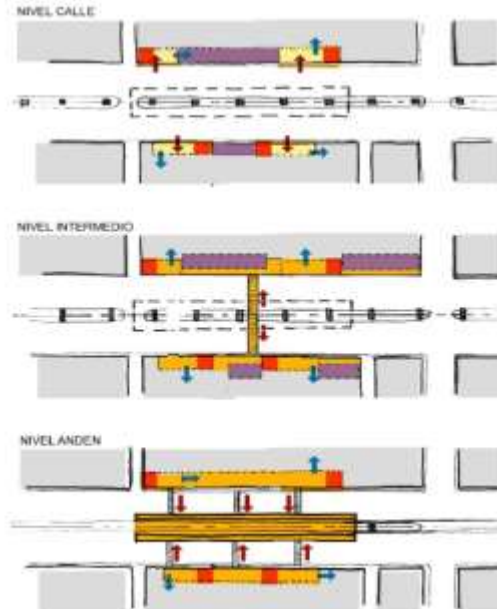
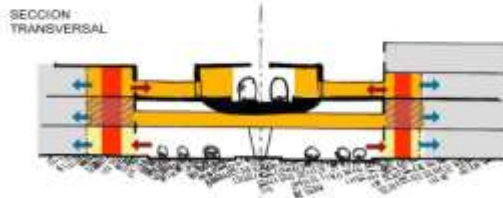
Parámetro	Valores recomendados	Valores excepcionales
Pendiente longitudinal máxima en línea	2%	4%
Pendiente longitudinal mínima en línea	0.20%	
Pendiente longitudinal máxima en estación	0.25%	
Acuerdo mínimo	3125 m	1000 m
Longitud mínima elemento (rasante uniforme, acuerdo)	20 m	
Aceleración vertical máxima	0.20 m/s <sup>2</sup>	
Pendiente equivalente	G + 800/R	
Pendiente longitudinal máxima en estacionamiento	0%	0.50%
Pendiente longitudinal máxima en patio	0.10%	0.50%

### 7.3.3. Criterios funcionales de las estaciones:

- Configuración de las estaciones tipo sencilla

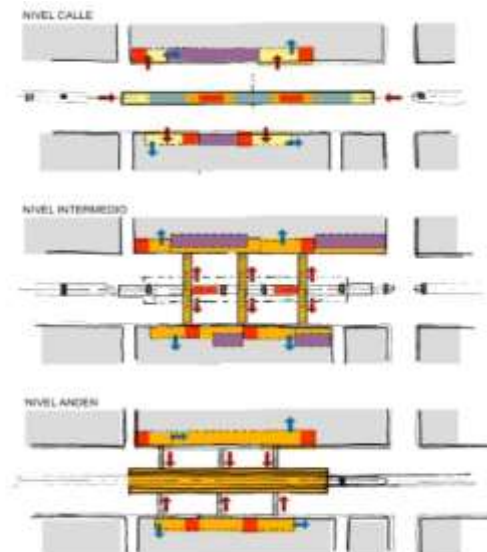


- Acceso directamente a los andenes por medio de pasarelas
- Creación de una pasarela a nivel intermedio para poder cambiar de andén
- Locales operaciones, técnicos y línea de control en edificios aledaños



• **Configuración de las estaciones tipo interconexión axial:**

- Acceso directamente a los andenes por medio de pasarelas
- Acceso a Transmilenio independiente del acceso al Metro
- Interconexión entre Transmilenio y Metro por medio de pasarelas a nivel intermedio que conectan con los edificios aledaños y las áreas pagas del Metro.
- Creación de una pasarela a nivel intermedio para poder cambiar de andén
- Locales operaciones, técnicos y línea de control en edificios aledaños



• **Resumen de hipótesis principales:**

Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 · Bogotá D.C. - Colombia  
 Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
 Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

	Estación	Ancho requerido
<b>Demanda</b>	Escenario de demanda	2050 con Mosquera Optimista
	Factor para pasar de la hora punta mañana a la hora punta tarde (inviertiendo flujos)	0.85
	Factor de Híperpunta	1.25
	Período de Híperpunta	20 minutos
<b>Sistemas</b>	Máxima capacidad del tren	1800 pasajeros
	Intervalo	110 segundos
	Longitud de andén	145 metros
	Puertas Automáticas en Andén	Altura 2.2m + 20cm para información
<b>Operaciones</b>	Coficiente de Situación Degradada	2
	Nivel de Servicio en Situación Normal	C
	Nivel de Servicio en Situación Degradada	D
	Tiempo para liberar el andén en situación normal	1 minuto
	Tiempo para liberar el andén en situación degradada	1 intervalo
	Tiempo máximo para evacuar el andén en caso de emergencia	4 minutos
<b>Criterios de Diseño</b>	Tiempo máximo para llegar a un punto seguro en caso de evacuación de emergencia	6 minutos
	Ancho mínimo del andén en sección sur	3m
<b>Configuración Urbana</b>	Ancho mínimo del andén en Av. Caracas	3,5m
	Ancho del separador central en estaciones Interconexión	8m
	Ancho del separador central en otras zonas	5m
	Altura del andén Transmilenio con respecto a la calzada	90cm



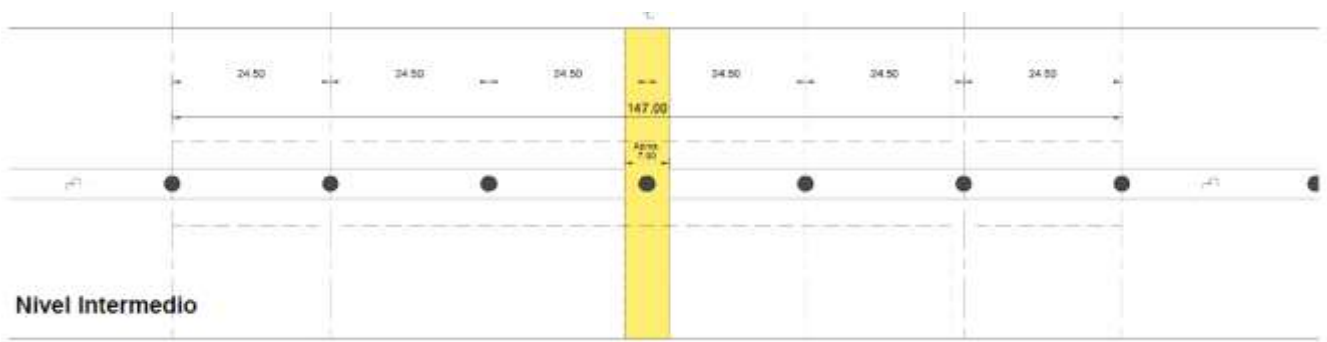
### 7.3.4. Arquitectura de las estaciones

- Tipología de las estaciones:**

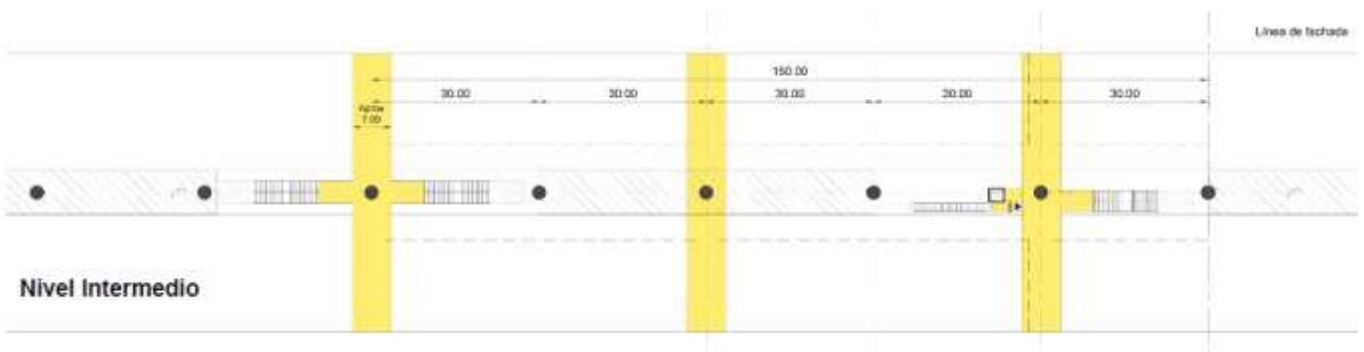
A continuación se detallan las características de cada una de las estaciones, indicando su tipología. Partiendo de estos criterios se diseñan cada una de las estaciones del sistema.

Estación		Interconexión con Transmilenio	Tipo de Estación	Categoría de Programa	Ancho útil de andén en mínimo	Ancho total de andén mínimo (sin estructura)	Ancho total de andén estandarizado (sin estructura)
Nomenclatura SDM (cifras de demanda)	Nomenclatura EBM (nombre oficial)						
Avenida ALO	Avenida ALO	X	Especial		1.7	3.00	A - 3.32
Avenida Carrera 86 (Portal las Américas)	Avenida Carrera 86 (Portal las Américas)	X	Especial	Principal Terminal	5.5	6.48	D - 6.90
Avenida Carrera 80 (Villablanca)	Avenida Carrera 80 (Villablanca)		Sencilla		2.3	3.32	A - 3.32
Calle 41 S (Palenque)	Calle 41 S (Palenque)		Sencilla		1.7	3.00	A - 3.32
Calle 40 S (Kennedy)	Calle 40 S (Kennedy)		Sencilla		1.9	3.00	A - 3.32
Carrera 72 (Boyacá)	Carrera 72 (Boyacá)	X	Especial		4.4	5.37	C - 5.55
Carrera 68 (Av 68)	Carrera 68 (Av 68)	X	Especial		2.1	3.08	A - 3.32
Carrera 50 (Rosario)	Carrera 50 (Rosario)		Especial		0.8	3.00	A - 3.32
NQS	NQS	X	Especial		1.5	3.00	A - 3.32
Carrera 27 (Santander)	Carrera 27 (Santander)		Sencilla		1.2	3.00	A - 3.32
Calle 3 Hospitales	Calle 3 Hospitales	X	Interconexión Axial		1.5	3.50	B - 4.71
Calle 13 San Victorino	Centro Histórico	X	Interconexión Axial		4.2	5.22	C - 5.55
Calle 26 (La Rebeca)	Estación Central	X	Interconexión Axial		2.5	3.55	B - 4.71
Calle 44 (Gran Colombia)	Calle 45	X	Interconexión Axial		3.7	4.71	B - 4.71
Calle 63 (Lourdes)	Calle 63 (Lourdes)	X	Interconexión Axial		4.5	5.53	C - 5.55
Calle 72 (Avenida Chile)	Calle 72 (Avenida Chile)	X	Interconexión Axial	Principal Terminal	5.9	6.90	D - 6.90

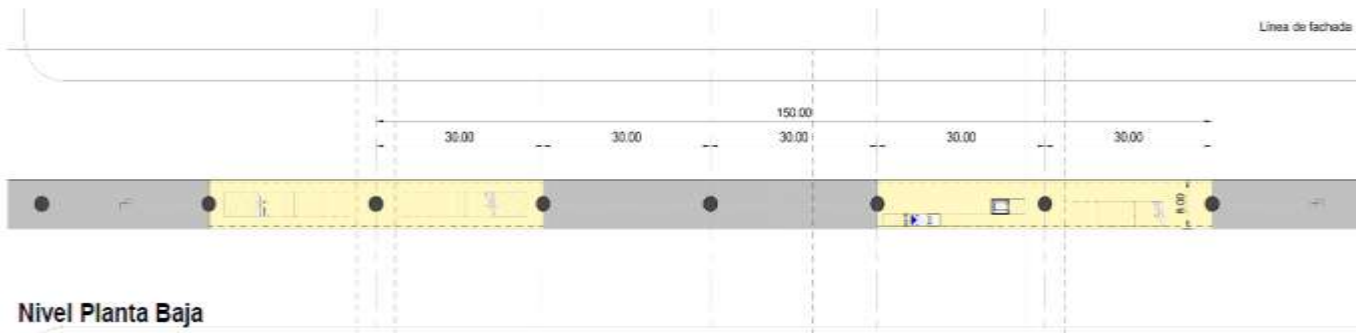
- Estación sencilla: bocetos, accesos a andén



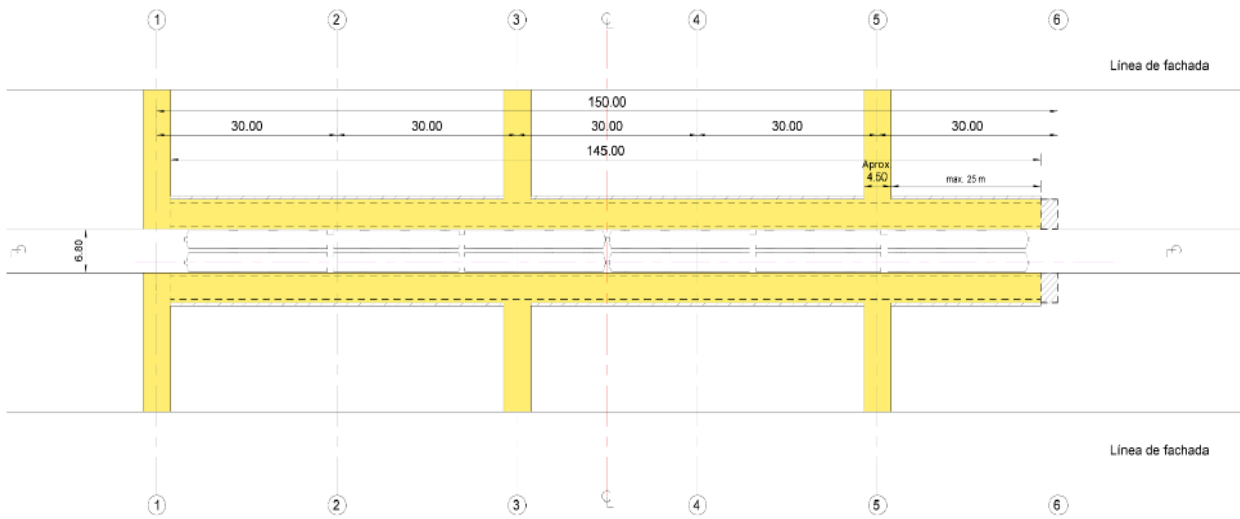
- Estación de interconexión axial: bocetos interconexión



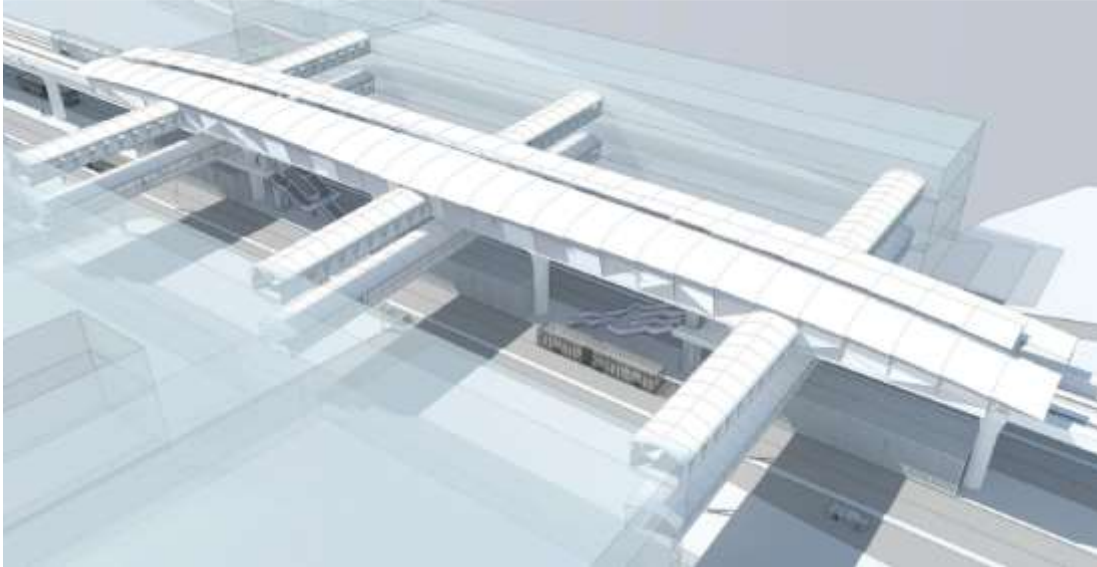
Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 · Bogotá D.C. - Colombia  
 Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
 Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.



- Estación de interconexión axial: boceto acceso al andén



- **Diseño conceptual básico de la estación típica: Vista aérea (render ilustrativo)**

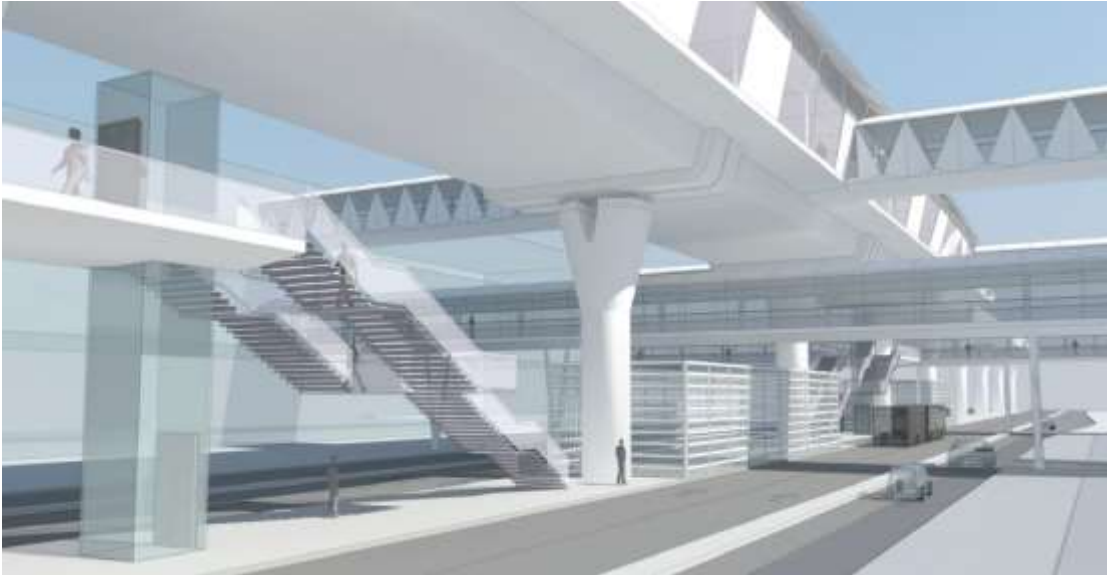


- **Diseño conceptual básico de la estación típica: Vista a nivel de peatón (render ilustrativo)**



Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 · Bogotá D.C. - Colombia  
Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

- **Diseño conceptual básico de la estación típica: Vista desde la calle (render ilustrativo)**

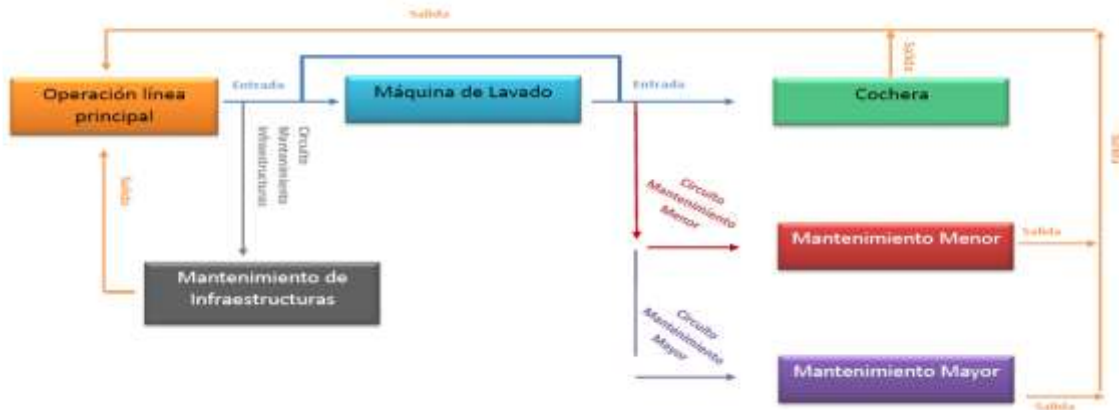


### 7.3.5. Patio Taller.

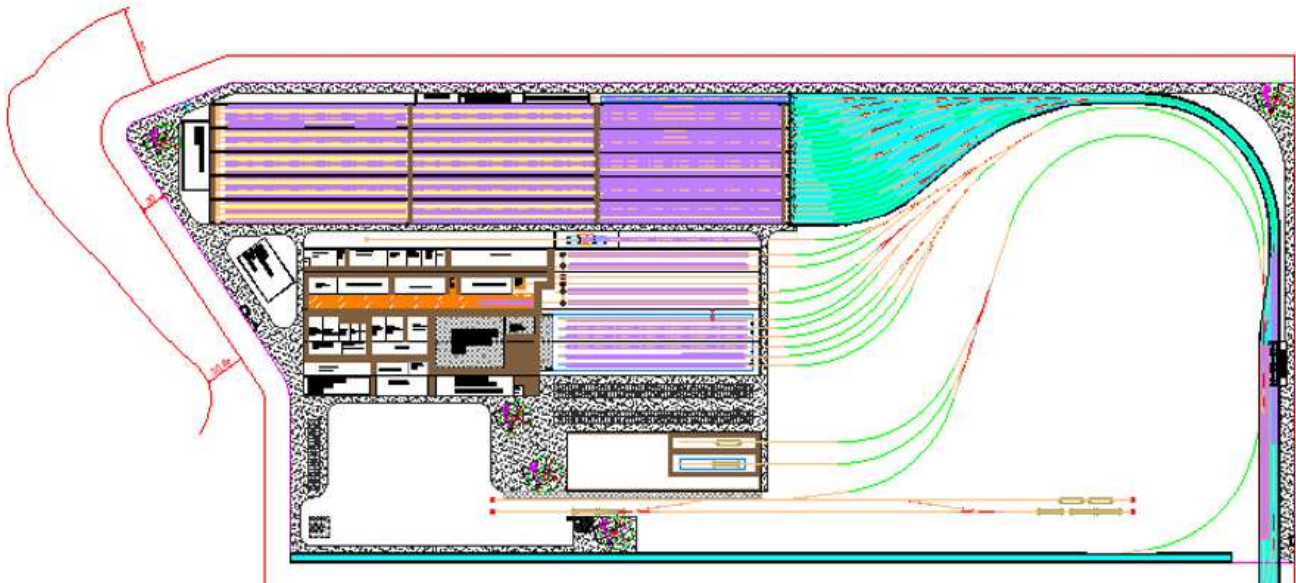
- **Criterios para dimensionamiento:**  
El patio taller incluirá, como mínimo, las siguientes instalaciones y edificaciones:
  - ✓ Cocheras con capacidad futura según flota de trenes de 2050.
  - ✓ Torno de foso
  - ✓ Taller de mantenimiento menor
  - ✓ Taller de mantenimiento mayor
  - ✓ Taller de mantenimiento de la infraestructura
  - ✓ Máquina de lavado
  - ✓ Vía de pruebas

- **Flujograma básico funcional:**

**Flujo de trabajo – Taller Línea 1:**



- **Layout básico:**



Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 · Bogotá D.C. - Colombia  
 Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
 Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

### 7.3.6. Puesto Central de Control – PCC.

- **Funciones básicas a considerar en el diseño:**
  - ✓ Optimizar en tiempo real la oferta de transporte en condición nominal o degradada
  - ✓ Permitir operar cumpliendo con la seguridad de las personas y de los equipos
  - ✓ Supervisar el estado de funcionamiento del sistema de transporte
  - ✓ Asegurar la energización, ahorrando la energía
  - ✓ Optimizar la utilización de todos los equipos de estación al servicio de los clientes
  - ✓ Informar al cliente
  - ✓ Permitir la comunicación en las estaciones y en los trenes entre el PCC y los pasajeros
  
- **Subsistemas básicos:**
  - ✓ El ATS (incluyendo el control y mando de la señalización)
  - ✓ Los sistemas SCADAs que proveen el control y mando de varios equipos en las estaciones y en los trenes (energía, puertas de andén, escaleras, ascensores, detectores de incendio, otro).
  - ✓ El control y mando de equipos tal como puntos de acceso, detectores de intrusión, cámaras... es efectuado por los sistemas Control de Accesos, CCTV, otros.
  - ✓ Megafonía
  - ✓ Cronometría
  - ✓ Información al Viajero
  - ✓ CCTV
  - ✓ Control de Accesos
  - ✓ Billetaje
  - ✓ Interfonía
  - ✓ Telefonía
  - ✓ Radiocomunicaciones
  - ✓ Red RMS (incluso red inalámbrica)

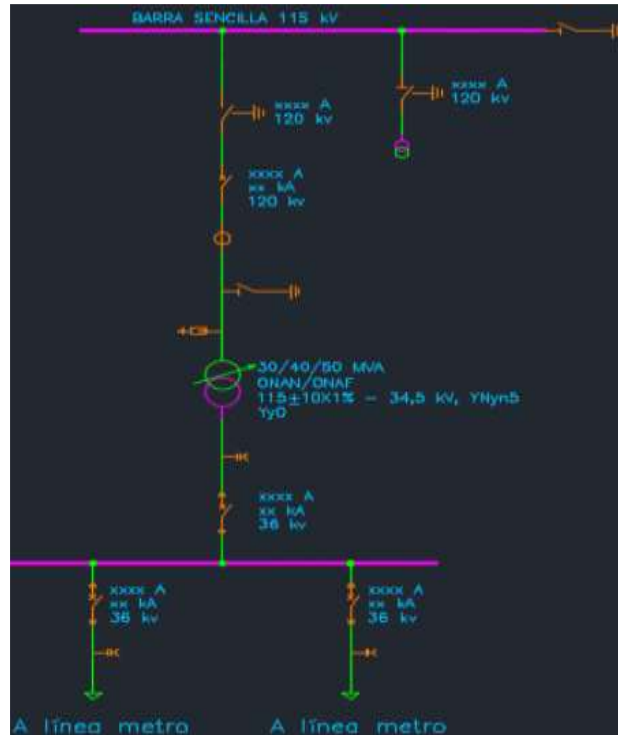


### 7.3.7. Sistemas y subsistemas ferroviarios.

#### 6.3.1.1 Alimentación eléctrica.

- Alimentación eléctrica trenes: 750 Vcc
- Sistema de captación: Tercer riel
- Alimentación paralela de las vías
- Dimensionamiento básico:
  - ✓ Operación normal en caso de falla de grupo(s) o SET entera
  - ✓ Depende del diseño de los anillos de media tensión
  - ✓ Al menos 2 grupos por SET para todas las fases (Bi-grupo)
  - ✓ En caso de falla de uno grupo, los grupos restantes de la SET deben mantener una operación nominal de manera permanente.
  - ✓ Fases 2022 y 2050: aumento de potencia o del número de las SET
  - ✓ Grupo sin sobrecargas (Operación con 4.5 horas de punta)
- Funcionamiento en modo normal en caso de N-2 fallas:
  - ✓ Posibilidad de tener una SER en mantenimiento y
  - ✓ Posibilidad de tener una SER fuera de servicio sin impacto sobre la operación de la PLMB
  - ✓ Objetivo de disponibilidad de la alimentación AT del metro de 99,999%
- Sistema básico:
  - ✓ 3 subestaciones receptoras (SER), configuración de barraje sencillo
  - ✓ 1 transformador de 30/40/50 MVA -115 kV / 34,5 kV en cada SER
  - ✓ 2 alimentaciones independientes a 115 kV en cada SER
  - ✓ Doble anillo a 34,5 kV





- SET: Subestaciones de tracción

### 6.3.1.2 Señalización y control de trenes.

- El diseño del sistema de señalización y control de trenes se fundamenta en los siguientes criterios básicos:
  - ✓ Sistema CBTC con bloque móvil y niveles de automatización GoA4 (sin conductor).
  - ✓ Aseguramiento de los movimientos de los trenes (ATP) en toda parte de la línea.
  - ✓ Control de las rutas (enclavamiento), con o sin detección secundaria, con o sin señales.
  - ✓ El sistema debe proveer una autorización de marcha y control de movimiento de trenes.
  - ✓ Debe Incluirse el Pilotaje automático (ATO) sin conductor.
  - ✓ Debe incluir el control de un sistema de Mando y supervisión (ATS).

Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 · Bogotá D.C. - Colombia  
 Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
 Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

- ✓ En toda la línea se operará en GoA4 (CBTC, automático sin conductor); es decir, desde los terminales hasta los garajes y la entrada del taller.
  - ✓ Retorno automático de trenes en las terminales.
  - ✓ Se debe considerar la explotación de los servicios parciales en caso de incidentes (modo degradado).
  - ✓ Movimientos Entrada/Salida de los trenes de patio taller.
  - ✓ Gestión automática de la máquina de lavado ubicada en el patio taller.
- Considerando que la línea se opera en Automatismo Integral (GoA4), el sistema de señalización y control de trenes debe considerar:
    - ✓ En servicio nominal, todos los movimientos de los trenes se realizan sin conductor.
    - ✓ El sistema comandará la aceleración y frenado del tren y la apertura/cierre de puertas (tren y andén).
    - ✓ La mayor flexibilidad y regularidad de la operación posible: Intervalo mínimo de 100 segundos.
    - ✓ Regulación automática.
    - ✓ Posibilidad de aparcar los trenes en todo punto de la línea.
    - ✓ Circulación bidireccional posible en todo punto de la línea.
    - ✓ Modo degradado.
    - ✓ El personal podrá conducir el tren manualmente en caso de falla del sistema.
- El desempeño de la línea se fija bajo los siguientes requisitos:
    - ✓ Intervalo dinámico: 40s
    - ✓ Distancia de deslizamiento: 15 m (depende del Material Rodante)
    - ✓ Distancia entre dos trenes en el garaje: 2-3 m
    - ✓ Precisión de parada en la estación:  $-25 \text{ cm} < p < 25 \text{ cm}$  en 99,999 % de los casos. En caso de parada fuera de tolerancia: Marcha atrás "Reverse jog" o estación sin parada.

- ✓ Número de estaciones saltadas en un año: 2
- ✓ Tiempo garantizado para cortar la corriente de tracción en caso de evacuación: 3 segundos.
- ✓ Retraso acumulado de 30 días debido al CBTC: <15 min
- ✓ Plazo de apertura de las puertas: <500 ms (depende del Material Rodante)
- ✓ Plazo de cerrar las puertas <500 ms (depende del Material Rodante)
- ✓ Actualización de la información tiempo real -tren y suelo-hacia el ATS: <3s

### **6.3.1.3 Puertas de andén.**

- Se instalarán puertas de Andén en todas las estaciones de la línea.
- Las puertas de andén deben permitir:
  - ✓ Automatización integral con un PPHPD elevado.
  - ✓ Mejorar la seguridad de los pasajeros.
  - ✓ Mejorar la regularidad de la línea.
  - ✓ Tiempo de apertura y cierre definido por adelantado y constante
  - ✓ Cumplimiento del intervalo de 100 s en hora punta
- Serán del tipo PED Platform Edge Doors: "puertas de andén de gran altura"; cubren la longitud entera del andén, pero no el espacio completo entre el nivel del piso y el techo de la estación. Este tipo de puerta es el más usado para las líneas nuevas no aéreas cuando no hay climatización.
- Motor: Localizado en la posición alta de la puerta
- Fijaciones: alta y baja
- Altura: 2,40 m (Incluyendo el cabezal)



- Desempeño:
    - ✓ Tiempo máximo necesario para comenzar la apertura de las PDM después del mando del CBTC < 0,5 segundos.
- Posibilidad de anticipar el mando de apertura con una velocidad del tren de 3km/h y la seguridad de parar (criterio de seguridad). Se gana 0,5 s en el tiempo global de la apertura.

Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 · Bogotá D.C. - Colombia  
Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

- ✓ Tiempo máximo tomado para la apertura total de las PDM < 3 segundos +/-0,2s
- ✓ Tiempo máximo tomado para el cierre total < 3,5 segundos +/-0.2s.
- ✓ Cargas Mecánicas:
  - Peso de la Puerta: 250 kg/m
  - Presión de los pasajeros: 3000 N (altura de 1m)
  - Efecto pistón: 700 N/m<sup>2</sup>
- Detección de obstáculos:
  - ✓ Al detectar obstáculos, la puerta se debe abrir para permitir la liberación del obstáculo, e intentará cerrarse automáticamente después de tres segundos.
  - ✓ Después de tres intentos de cierre, si el obstáculo está aún presente, la puerta se abrirá por completo y permanecerá en este estado. El número de intentos es un parámetro que se puede modificar por el operador sin la intervención del fabricante. Esta función es de seguridad
- Requerimientos técnicos del sistema:
 

✓ Paso libre:	2100 mm
✓ Altura de las PSD:	1700 mm
✓ Distancia entre dos PSD: (del material rodante)	5700 mm (dato de referencia, ya que depende)
✓ Tiempo de apertura:	valores base (3 ±0.2)s configurable
✓ Tiempo de cierre:	valores base (3.5±0.2)s configurable
✓ Fuerza de cierre:	40 ≤ Fc ≤ 150N
✓ Energía cinética a la máxima velocidad por batiente:	10 J
✓ Energía cinética al final por batiente:	1J

### 6.3.1.4 Sistema de Comunicaciones.

#### 6.3.1.4.1 Radio.

- A bordo de los trenes:
  - ✓ Video: Varias camaras a color y de alta definición en cada coche: vista clara de cualquier parte del coche desde el PCC.
  - ✓ Interfono: Comunicar con un operador del PCC. Un interfono por puerta.
  - ✓ Sonorización: Difundir mensajes del PCC a los pasajeros.
  - ✓ Información visual a Pasajeros: Información, Video, otros.
  - ✓ Alarma pasajero (emergencia): Se manda al PCC a través del enlace del CBTC.
  
- En andenes (Estaciones):
  - ✓ Video: Permitir una vista clara de todas las puertas de anden desde el PCC.
  - ✓ Sonorización: Mensajes de audio desde el PCC.
  - ✓ Información visual a pasajeros: Próximos trenes, información, video, otros.
  - ✓ Alarmas: Punto de ayuda (urgente) al usuario en anden.
  - ✓ Ruptores: Parar los trenes (Corte 750V).
  
- Sub-sistemas principales:
  - ✓ Red Multi-Servicios (RMS): full IP, para transmisión de datos, cable FO redundante.
  - ✓ Telefonía: full IP, Directa (operativa) y Automática (administrativa).
  - ✓ Sistema de Radio voz y datos: al PCC de respaldo, en estación, a bordo de trenes, garaje, talleres.
  - ✓ Sonorización: en estaciones y en trenes.
  - ✓ Video (operación y seguridad / vigilancia): andenes, trenes y zonas particulares.
  - ✓ Reloj Maestro al PCC: IP, distribución en línea (con la RMS).
  - ✓ Información (visual) a Pasajeros: en andenes, a bordo de trenes.
  - ✓ Control de acceso.

#### 6.3.1.4.2 Radio Tetra: Norma ETSI EN 300 392-2.

- ✓ Frecuencia : alrededor de 400 mhz
- ✓ Anchura de canal : 25 khz

- ✓ Número de canales por portadora : 4
- ✓ Método de acceso : TDMA/4
- ✓ Modulación :  $\pi/4$ DQPSK
- ✓ Sensibilidad dinámico mínimo del BTS : -112dbm
- ✓ Sensibilidad dinámico mínimo del MS : -103dbm
- Desempeño-requisitos:
  - ✓ Probabilidad de cobertura del 95 % del tiempo y del espacio por paso de 100m
  - ✓ Nivel de señal radio  $\geq$  -85dBm a lo largo de la línea y  $\geq$ -90dBm a otra parte (a debatir)
  - ✓ Para el 100 % de las llamadas individuales, de grupo, de difusión, conexión en menos de 5s en modo normal y para llamadas de alta prioridad en menos de 2s en todos los modos
  - ✓ Para el 95% de las llamadas individuales, de grupo, de difusión, conexión en menos de 0,5s en modo normal
  - ✓ Tasa de éxito de Handover: 99,5%
  - ✓ Corte durante HO menos de 250ms
  - ✓ Tasa de bloqueo menos de 1% en modo nominal
  - ✓ Tasa de corte de llamada menos de 1% en modo nominal
  - ✓ Calidad de voz (MOS)  $\geq$ 3
  - ✓ Disponibilidad  $\geq$  99,8
  - ✓ MTTR < 2 horas
  - ✓ MTBF portátil y radio de cabina > 50 000 horas
  - ✓ Margen de tráfico suplementaria : 20% (a debatir)

#### 6.3.1.4.3 Telecomunicaciones

- Red Multi-Servicios (RMS): full IP, para transmisión de datos, cable FO redundante
- Telefonía: full IP, Directa (operativa) y Automática (administrativa).
- Sistema de Radio voz y datos (ejemplo: Tetra): al PCC de respaldo, en estación, a bordo de trenes, garaje, talleres
- Sonorización: en estaciones y en trenes.

- Grabación de audio: full IP, al nivel PCC
- Video (operación y seguridad / vigilancia): andenes, trenes y zonas particulares.
- Grabación de video: full IP, al nivel: trenes, estaciones, PCC principal y respaldo
- Reloj Maestro al PCC: IP, distribución en línea (con la RMS)
- Información (visual) a Pasajeros: en andenes, a bordo de trenes
- Sala Central de Comunicaciones (CC): funcionalidad transferida al pupitre regulador
- Monitoreo de los elementos del sistema de telecomunicaciones

#### 6.3.1.4.4 Billetaje

- Funcionalidades del subsistema:

Funcionalidades (Equipo)	Preconizaciones para PLMB
Venta automática (MExAS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir las dimensiones de ancho de la MExAS actual</li> <li>Suprimir el modulo de lectura de títulos magnéticos</li> <li>Cámara CCTV integrada o subsistema CCTV de estación ?</li> <li>Botón de Interfonía integrado o subsistema Interfonía ?</li> </ul>
Venta automática (MRA)	Reducir las dimensiones de ancho de la MRA actual
Pago de la venta de títulos con tarjetas bancarias sin contacto	Posibilidad de aceptar a nivel de TPE el pago bancario con tarjetas bancarias sin contacto o móvil con aplicación bancaria en las maquinas de venta manual y automáticas.

- Otros parámetros:
  - ✓ Barreras de Control de Pasajes (BCP estándar, BCP-PMR para personas con movilidad reducida)
  - ✓ Localización: en líneas de control para delimitación de las áreas zona Paga y No-Paga
  - ✓ Tipo puertas retractables (para re fraude), sistema de conteo de usuarios
  - ✓ Deben ser configurables para permitir el acceso en cualquiera de los sentidos (bidireccionales).
  - ✓ Módulos validadores para lectura de tarjetas sin contacto ubicados en ambos extremos de las puertas (tanto a la entrada como a la salida).



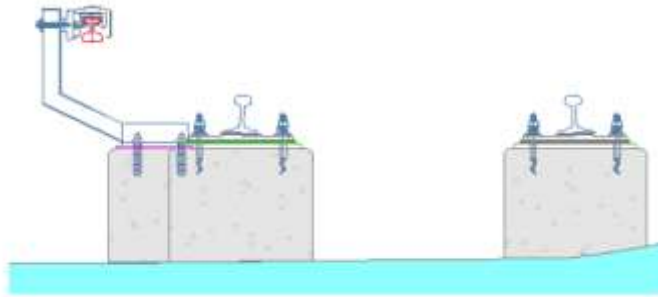
- ✓ El acceso a la zona paga será autorizado al presentar y validar los distintos medios de pago aceptados en la red del Metro.
- Terminales Portátiles de inspección. Deben permitir las siguientes funciones:
  - ✓ Inspección de títulos sobre tarjetas sin contacto
  - ✓ Gestión de sanciones
  - ✓ Información al usuario de la operación realizada
  - ✓ Recarga de títulos
  - ✓ Emisión de recibos
  - ✓ Almacenamiento y transmisión de la información al sistema central
  - ✓ Actualización de datos y programa desde el sistema central
  - ✓ Conexión con el sistema central vía GPRS para la subida de datos de operación y la descarga de actualizaciones y configuraciones
- Las principales funciones principales de la central de estación:
  - ✓ Supervisión (monitorización) y comando de los equipamientos de la estación(IHM)
  - ✓ Imprimir estadísticas e informes (IHM)
  - ✓ Interfaces de concentración de datos (servidor redundado) entre los equipos de Nivel 1 y Nivel 3, ubicado en el armario de billeteaje de la estación.
- Equipos a instalar en el local del controlador de estación (por ejemplo en la taquilla):
  - ✓ Una (1) unidad de control de estación (SCU Station Control Unit) que es un ordenador que recoge y remite todas las operaciones de venta y pasajes.
  - ✓ Un (1) Puesto de supervisión de estación (que puede ser incluido en el SCU) que recoge las principales alarmas de funcionamiento y eventos.
- Las funciones del sistema central de billeteaje de la PLMB son realizadas desde un edificio central (PCC) a través de la instalación de los equipos siguientes:
  - ✓ Servidores centrales ubicados en la sala de servidores del PCC : servidor base de datos, servidor Web de información (aplicaciones de consulta y gestión del sistema central, monitoreo y control en tiempo real del sistema de billeteaje), servidor de pagos (gestión de las peticiones de autorización bancaria de las máquinas de venta, gestión listas de seguridad), servidor de integración servidores que cubran las interfaces externas a los

sistemas (envío y recepción de datos a la Clearing House, servidores temporales, servidores de directorio).

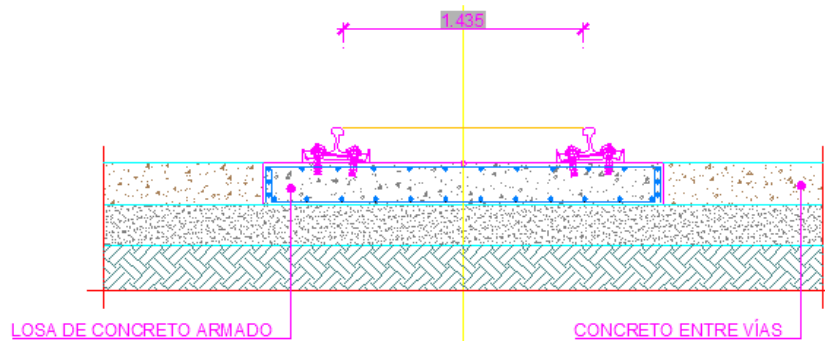
- ✓ Puestos de trabajo ubicados en la sala de Billetaje del PCC desde los cuales el operador de Billetaje pueda acceder a funciones dedicadas por perfil de usuarios (contabilidad, administración, estadísticas, reporting, comercial, seguridad, etc.).
- ✓ Dispositivo masivo de inicialización de tarjetas sin contacto ubicado en la sala de Billetaje del PCC.
- ✓ Sala de mantenimiento que conste de bancos de prueba y de un puesto de trabajo dedicado (puesto operador mantenimiento).
- ✓ Sala de capacitación y de ensayos: Plataforma que permita realizar capacitaciones del personal así como ensayos de configuración de elementos previo a su despliegue en la red.
- ✓ Servidores de backup (sistema y base de datos).

#### 6.3.1.5 Superestructura de vía férrea.

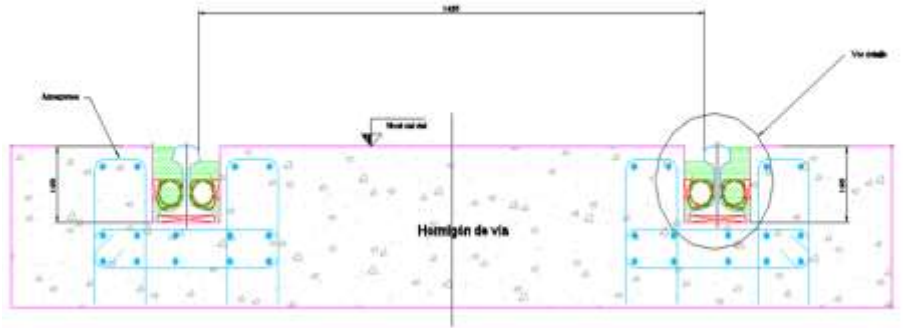
- Parámetros para diseño en la línea:
  - ✓ Instalación sobre vigas
  - ✓ Rieles 54E1
  - ✓ Sistema de fijación del riel con sillas
  - ✓ Vigas en hormigón armado conectadas al tablero.



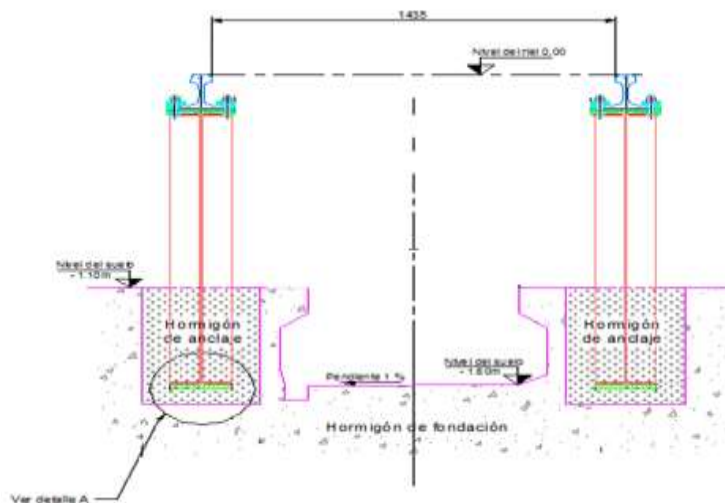
- Parámetros para diseño en Talleres y Cocheras:
  - ✓ Instalación sobre losa de hormigón (haz de vías, vías en cochera, vía de ensayo).
  - ✓ Rieles 54 E1.
  - ✓ Sistema de fijación del riel con sillas.
  - ✓ Losa de hormigón armado.



- Instalación de riel embebido (para pasos a nivel en vías de taller):
  - ✓ Rieles 54 E1
  - ✓ Resina aislante poliuretano
  - ✓ Sillas o cuñas y zapatas.

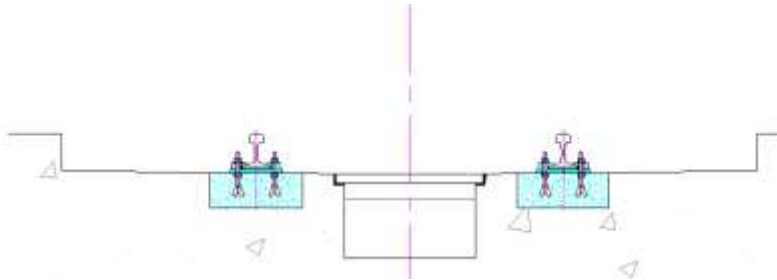


- Instalación sobre pilotes (vías de taller):
  - ✓ Rieles 54 E1
  - ✓ Sillas y zapatas
  - ✓ Perfiles HEB empotrados en la losa.



Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 · Bogotá D.C. - Colombia  
 Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
 Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

- Instalación sobre losa de hormigón -Vía de lavado (patio taller):
  - ✓ Rieles 54 E1
  - ✓ Sillas y zapatas
  - ✓ Losa de hormigón.



#### 6.3.1.6 Gestión RAMS.

- Requisitos RAM: PROGRAMA RAM 02
  - ✓ Disponibilidad Inherente del 99,99%., que se calculará según la fórmula:  
$$Am = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}).$$
- Asignación Preliminar de Disponibilidad por Subsistemas –para Sistema de Transporte GoA4 (sin conductor):
  - ✓ Sonorización embarcado y estación con disponibilidad 99.5%
  - ✓ CCTV embarcado y plataformas con disponibilidad 99.97%
  - ✓ Modificación de la Disponibilidad propuesta al 98.67%

- Evolución de la Disponibilidad Sistema Global al 99.67%
- Sistema de Transporte GoA4 (sin conductor):
  - ✓ Sonorización embarcado y estación con disponibilidad 99.5%
  - ✓ CCTV embarcado y plataformas con disponibilidad 99.97%

## 6.4 Trabajos de campo

### 7.4.1. Levantamientos topográficos

Los trabajos realizados se desarrollaron con base en el documento ETPLMB-ET01-L01-ITE-L-0001-RB “Metodología y plan de recopilación de información complementaria de estudios topográficos”, el cual se incluye en el anexo 3.

Para la elaboración de los diseños de factibilidad del proyecto se utilizan levantamientos topográficos existentes de acuerdo a la recopilación y análisis realizado de estudios anteriores. Se complementó esta información con trabajos de campo y oficina, que comprenden las siguientes actividades:

- Actualización red planimétrica y altimétrica.
- Levantamiento de las estaciones con escáner laser terrestre.
- Vuelo LIDAR y Toma de fotografía aéreas.

La información topográfica para los estudios de redes secas e hidrosanitaria que se utiliza en los presentes estudios, es la suministrada por la Empresa de Acueducto de Bogotá EAB, producto del plan temprano que esta entidad está adelantando actualmente.

En lo que respecta a los trabajos de campo, se desarrollaron las siguientes actividades:

- Levantamiento aéreo: Se realizaron vuelos drone + lidar en el predio El Corzo de propiedad de EAB para localización del patio taller. También se realizó vuelo ortofoto + lidar sobre corredor de la PLMB comprendido entre las calles 32 y 80.
- Puntos de control para levantamiento escáner laser: Estos puntos fueron levantados, excluyendo los ubicados en las dos estaciones faltantes en la (Carrera 50 y Carrera 68). Esta información permite georreferenciar la nube de puntos de cada estación.

- Registro nube de puntos: Con los datos de las 12 estaciones levantadas, se unificaron los datos de todas las armadas del escáner en cada estación; por lo tanto se cuenta con una nube de puntos consolidada para cada estación.
- Red geodésica: El Consultor elaboró la información correspondiente a la etapa de Georreferenciación (datos e informe).
- Registro Fotográfico de las actividades de campo:





POLIGONALES Y NIVELACION GPS17- GPS14 PLMB

PLACAS DE REFERENCIACIÓN





#### 7.4.2. Estudio del tránsito.

Los trabajos realizados se desarrollaron con base en el documento ETPLMB-ET02-L2.2-H-ITE-0001-R2 denominado “Metodología para la elaboración del estudio del tránsito”, el cual se incluye en el anexo 4.

Como parte de los objetivos y alcances del proyecto de la PLMB, se incluye la elaboración del Plan de Manejo de Tránsito General para el proceso de construcción de la PLMB, razón por la cual esta metodología de tránsito prevé la coordinación de la toma de información de campo que se requiere tanto para el estudio de tránsito junto con la que se requiere para desarrollar el ítem del Plan de Manejo de Tránsito General (PMTG).

Teniendo en cuenta la información secundaria recopilada a continuación se relacionan los puntos de aforos, tipo de información, fechas posibles y periodos de aforo, teniendo en cuenta una sola toma de información para el estudio de tránsito y la del Plan de manejo de Tránsito General de construcción de la PLMB. Se aclara que la información de aforos del PMTG, también puede servir como insumo para el estudio de tránsito.

La metodología de trabajo comprende la recolección de información primaria a partir del levantamiento de aforos y la información secundaria del Plan de Manejo de Trafico General del proyecto realizado durante la Ingeniería Básica avanzada. Además se consideran los planes de

manejo de proyectos anteriores que se encuentren aprobados dentro el área de influencia del proyecto, para obtener de esta manera información secundaria de utilidad.

### **Estaciones de aforo para el estudio de Tránsito de la PLMB:**

- Estaciones Maestras sobre el eje de la PLMB: Corresponden a aquellas intersecciones donde se realiza la toma de información durante 24 horas continuas (00:00 hasta 24:00) para vehiculares, un (1) día hábil de entre semana y un (1) día no hábil (sábado).
- El aforo de peatones y bici usuarios se realizará durante 16 horas continuas (5:30 hasta 21:30) los mismos dos (2) días de aforo del vehicular. Esta información servirá para la caracterización del tránsito en el corredor de la PLMB.
- Estaciones Intermedias N° 1 sobre el eje de la PLMB: Corresponden a aquellas intersecciones donde se realizará la toma de información durante 16 horas continuas (5:30 hasta 21:30) para vehiculares, un (1) día hábil entre semana y 12 horas continuas (5:30 hasta 17:30) un (1) día no hábil (sábado). El aforo de peatones y bici usuarios se realiza durante 3 horas continuas (5:30 hasta 8:30) solo el día hábil entre semana.
- Estaciones Intermedias N° 2 sobre el eje de la PLMB: Se realizará la toma de información durante 9 horas discontinuas en periodos (mañana, medio día y tarde HMD) definidos a partir de estaciones maestras, para vehiculares, un (1) día hábil entre semana y 9 horas discontinuas (mañana, medio día y tarde en HMD) un (1) día no hábil (sábado). No se requiere aforo de peatones.
- Estaciones Intermedias N° 3 para detalle de microsimulación del perímetro aledaño a los puntos de cierre definitivos de intersecciones viales por la construcción del proyecto: Corresponden a aquellas intersecciones donde se realiza la toma de información durante 16 horas continuas (5:30 hasta 21:30) para vehiculares, un (1) día hábil entre semana y 12 horas continuas (5:30 hasta 17:30) un (1) día no hábil (sábado). En estas no se realizará aforos peatonales ni de bici usuarios.
- Estaciones Secundarias N° 1 en la zona de influencia de la PLMB: Corresponden a aquellas intersecciones donde se realiza la toma de información durante 3 horas continuas (5:30 hasta 8:30 alrededor de la hora del Macro modelo de la ciudad) solo para vehiculares, un (1) día hábil entre semana.
- Estaciones Secundarias N° 2 sobre el eje de la PLMB: Corresponden a aquellas intersecciones donde se realiza la toma de información durante 3 horas continuas (5:30 hasta 8:30 alrededor de la hora del Macro modelo de la ciudad) solo para peatones y bici usuarios un (1) día hábil entre semana.

### Construcción red vial actual para la PLMB 2017

Se encuentra construida la red vial de simulación del área de influencia del proyecto: Vías arteriales, intermedias y corredores de movilidad local del área de influencia, identificando la tipología de cada vía, número de calzadas de los tramos viales, números de carriles y sentidos viales. A continuación, una muestra de algunas de las intersecciones principales del área de influencia:



- Registro fotográfico de los trabajos de campo:




### 7.4.3. Estudio geotécnicos y pavimentos.

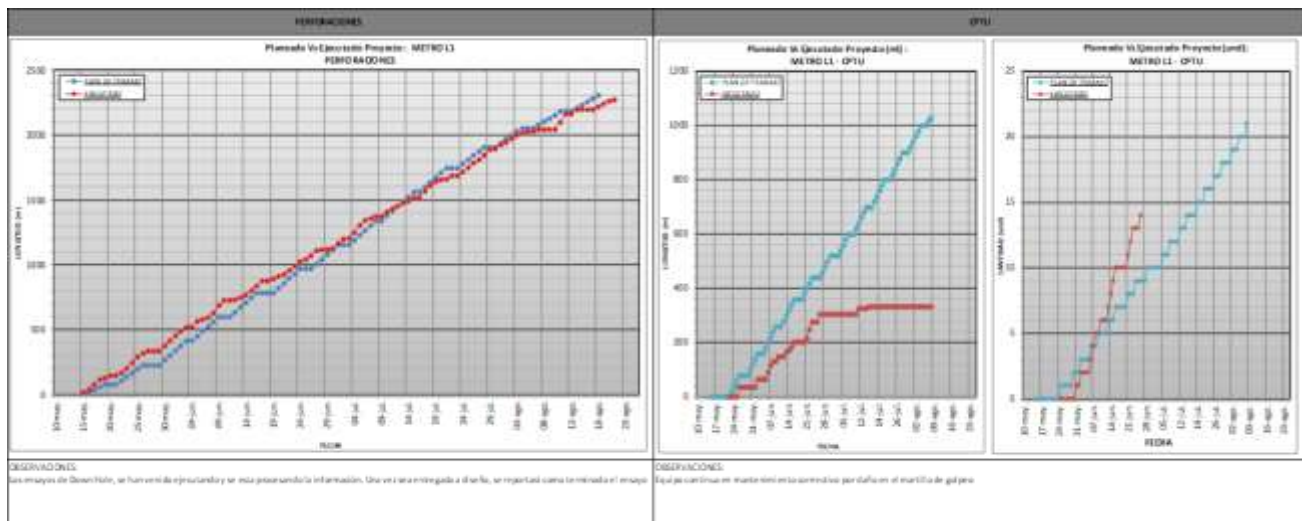
Los trabajos realizados se desarrollaron con base en el documento ETPLMB-L.1.1-I-INV-0001-RA denominado “Programa de Investigaciones Geotécnicas Campaña de Reconocimiento”, el cual se incluye en el anexo 5. La exploración geotécnica inició el 16 de mayo de 2017.

De acuerdo con la información existente se formuló un plan de investigaciones geotécnicas para la PLMB, que ha tenido en cuenta la información disponible de estudios previos, generales y específicos; las características que en estudios de planeamiento se han establecido para las soluciones de fundación de las líneas y con cuyos aportes se considera que se alcanzara la información geotécnica requerida.



A continuación se resume la cantidad de investigaciones geotécnicas realizadas, que responde a lo requerido según las mejores prácticas de la ingeniería, para un estudio de factibilidad o fase II:

		<b>PROYECTO: ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LINEA DEL METRO DE BOGOTÁ</b>					
		<b>AVANCE GENERAL INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS</b>					
		Fecha de actualización:				<b>21 de agosto de 2017</b>	
ACTIVIDAD	SOLICITADO		EJECUTADO		% AVANCE		
	Un	m	Un	m	Un	m	
<b>CIMENTACIONES</b>							
Perforaciones mecánicas hasta 75 m de profundidad. (Incluye SPT)	37	2305,0	37	2270,8	100,0%	98,5%	
CPTU	21	1030,0	18	333,8	76,2%	32,4%	
Piezómetro tipo casagrande	16	400,0	15	375,0	93,8%	93,8%	
Líneas de refracción sísmica							
Ensayo de Down Hole (Ejecución Ensayo)	14		1		7,1%		
Ensayo de Down Hole (Instalación Tubería)	14		13		92,9%		
Ensayo con el presurómetro PMT	72		70		97,2%		
Ensayo con el dilatómetro DMT	183		189		103,3%		
<b>PAVIMENTOS</b>							
Apiques manuales para caracterización de subrasante (1,0 X 1,0 X 1,50)	69		67		97,1%		
Barreno manual (L=1,5 m)		45,0		52,5		116,7%	
Deflectometría de Impacto FWD		40000		41885		104,7%	
Barridos con georradar para espesor de pavimento		40000		41900		104,8%	
Verificación del estado superficial metodología PCI		40000		40880		102,2%	



Con la información obtenida el consultor pudo determinar las dimensiones de las cimentaciones de las diferentes estructuras del proyecto (viaducto, PCC, Patio – Taller), para estimar los valores incluidos en el CAPEX.

- Registro fotográfico de las actividades:



#### 7.4.4. Inventarios de redes de servicios públicos existentes

Para cada una de las empresas públicas se realizó un inventario de las redes existente en la zona de influencia del proyecto que fue considerada para la ejecución de los trabajos, a partir de la cual se realizó el levantamiento de la línea base del proyecto de traslado de redes.

Esta información fue verificada en campo con levantamientos topográficos e inventario de las redes en el corredor del Metro para redes de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, Gas Natural, Codensa y algunas redes de telecomunicaciones. En los corredores seleccionados se

efectuó el levantamiento topográfico planimétrico, altimétrico, secciones transversales y detalle de interferencias.

Se cuenta con el catastro de redes de las siguientes Empresas de Servicios públicos:

- Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Agua de Bogotá
- Gas Natural S.A.
- CODENSA
- Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá
- Telefónica
- Claro
- IFX Networks
- Level 3
- BT Latam
- HV televisión
- Tigo – UNE
- Red Semafórica
- DIGITAL EXPRESS
- Telco
- Latam
- C&W

#### **7.4.5. Estudio ambiental.**

Para el Estudio Ambiental, los trabajos realizados se dividen en:

- Ambientales (Ruido- Aire – Aguas superficiales- Aguas Subterráneas).
- Fauna Silvestre Urbana con énfasis en Avifauna y Comunidades Hidrobiológicas.
- Forestal.
- Diagnóstico de Línea Base Arqueológica.

Los trabajos realizados, se desarrollaron en base a los documentos nombrados:

- Monitoreo Ambiental - Agua Subterránea: ETPLMB-ET19-L02-PRT-I-0002\_RB.
- Monitoreo Ambiental - Agua Superficial: ETPLMB-ET19-L02-PRT-I-0001\_RB.
- Monitoreo Ambiental - Aire: ETPLMB-ET19-L02-PRT-I-0003\_RA.

- Monitoreo Ambiental – Ruido: ETPLMB-ET19-L02-PRT-I-0004 \_RB.
- Metodología de Fauna Silvestre Urbana con énfasis en Avifauna y Comunidades Hidrobiológicas: ETPLMB-ET19-L02-EFU-I-0001\_RD.
- Diagnóstico de Línea Base Arqueológica: ETPLMB-ET19-L03-IFU-I-0001\_RC (anexo 6)

Respecto a los monitoreos ambientales, el proyecto ha adelantado las siguientes actividades de campo:

- Envío de carta de permiso de acceso a predios para la instalación de equipos de monitoreo de calidad del aire y ruido.
- Definición de los lugares a instalar equipos de medición, cumpliendo con los requerimientos exigidos para monitoreos de calidad del aire y ruido.
- Ubicación y Georreferenciación in situ de los puntos de medición de aguas superficiales.
- Definición en campo de los lugares a instalar equipos, pero se debe aclarar que se han presentado inconvenientes en el otorgamiento de permisos retrasando el proceso de instalación.

Respecto a cada componente se tiene:

- **Aire y ruido.**

Respecto a la instalación de los equipos de monitoreo de aire y ruido, se ubicaron en los 18 predios establecidos donde se aprobó su instalación.

- **Aguas superficiales y subterráneas.**

En lo que refiere a los monitoreos de aguas superficiales y aguas subterráneas el consultor contrató a la empresa K2 la cual está ejecutando mediciones en los puntos acordados en la metodología, así:

- Calidad del agua: Se realizaron las mediciones en los 6 puntos ubicados desde el Río Bogotá hasta la Calle 76 con Avenida Caracas (aguas arriba y aguas abajo): Canal Cundinamarca, Canal Tintal II, Canal Río Seco, Canal Albino, Río Fucha, Río Arzobispo (03/04-agosto).
- Hidrogeología: Respecto a las mediciones de aguas subterráneas se fijaron 15 puntos a lo largo del recorrido: 12 puntos a lo largo del corredor y 3 en patio taller.

- **Inventario forestal**

Respecto a los trabajos de campo del inventario forestal, se inventariaron 3.229 individuos hasta el canal Cundinamarca. Se dispone de la Georreferenciación completa del inventario forestal.



Se realizó mesa de trabajo con el Jardín Botánico de Bogotá para armonizar los trabajos realizados y por realizar. En dicha reunión se presentaron las propuestas paisajísticas y se acordó una nueva mesa con el fin de ir detallando a fondo las especies para cada uno de los casos.

- **Fauna y avifauna.**

Los trabajos de campo finalizaron y la caracterización de la fauna biótica está prácticamente terminada.

- **Línea base arqueológica.**

Teniendo en cuenta que la PLMB cruzará gran parte de la ciudad, y siendo esta una oportunidad única para el registro y localización de sitios arqueológicos de diferentes temporalidades, el trabajo de diagnóstico arqueológico permitirá zonificar el área en cuestión para realizar los futuros trabajos de supervisión del PMA.

El Consultor radicó el 15 de agosto de 2017 ante el ICANH las siguientes comunicaciones con el objeto de solicitar la licencia de prospección arqueológica (anexo 6):

- Comunicación ETPLMB-ICANH-CMB-CF-ADM-002: Licencia arqueológica para la prospección del patio taller y viaducto de conexión.
  - Comunicación ETPLMB-ICANH-CMB-CF-ADM-003: Presentación de diagnóstico de línea base arqueológica para la primera línea del Metro de Bogotá.
- Registro fotográfico de monitoreo de campo en el componente ambiental:



#### 7.4.6. Línea Base Social

Las siguientes son las actividades de campo realizadas:

- Área de Influencia Directa: Se dispone de la última revisión del documento correspondiente a la línea base.
- Se adelantó contratación del personal para la entrega de los volantes de invitación a los residentes ubicados en las manzanas aferentes del viaducto y estaciones del metro. Se inició con el proceso de convocatoria en varias de las zonas del proyecto.

- Se han enviado las cartas de invitación a las Alcaldías Locales y a las Veedurías de Metro, por parte de la empresa metro.
- Los talleres con los Comités Ciudadanos, se han venido desarrollando de manera satisfactoria y los asistentes han manifestado sus recomendaciones con respecto al diseño del espacio público, basadas en las características socioeconómicas de cada uno de los sectores. Dentro de los aspectos que se destacan de los aportes realizados por la comunidad, se evidencia una preocupación por la inseguridad que puede llegar a generarse en las zonas bajas del viaducto, aspecto que se hizo evidente en todos los talleres. En este sentido, consideran de vital importancia que sean tenidas en cuenta sus recomendaciones para el diseño del espacio en las zonas bajas del viaducto.

### Registro fotográfico taller comité ciudadano n°6



Carrera 7 N.º 71 – 52 · Torre B - Piso 6 · Bogotá D.C. - Colombia  
Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

- Las reuniones realizadas con instituciones y Entidades Distritales, han generado una dinámica de fortalecimiento el marco de las relaciones interinstitucionales del proyecto Metro. El desarrollo de las reuniones y mesas de trabajo ha posibilitado ampliar el proceso de socialización y atención de inquietudes del proyecto con dichas entidades. Así mismo, se ha generado un espacio de trabajo articulado, en el cual las instituciones han manifestado su interés para aportar información y sugerencias en el proceso de elaboración del estudio.
- Encuesta de percepción ciudadana: Se definió que una de las formas de diligenciamiento de la encuesta será a través de KoBoCollect; se creó el perfil correspondiente en la aplicación y se generó la nueva modalidad de encuesta.
- Zonificación ambiental: Se inició con el capítulo correspondiente a la zonificación ambiental, para esto se hizo una revisión de criterios por dimensión para el medio socioeconómico.
- Nombres de las estaciones: Se continuó con la realización del documento de toponimia de las estaciones del Metro, teniendo en cuenta las especificaciones del IDPAC y la información recolectada en los Comités Ciudadanos.
- Reunión Dirección de diversidad sexual: Llevada a cabo el día 2 de agosto de 2017, con el fin de mostrar a los asistentes la cartografía social realizada durante la ejecución del primer encuentro con los comités ciudadanos, identificar impactos y plantear propuestas de manejo de estos mismo.
- Reunión - Secretaria Distrital de Integración Social: El encuentro fue llevado a cabo el día 2 de agosto de 2017 en las instalaciones de la SDIS, con el fin de socializar a la entidad el proyecto y sus alcances y así mismo conocer la gestión y las políticas públicas que actualmente se están teniendo en cuenta en el distrito para el manejo de la problemática en torno a los habitantes de calle.
- Reunión - Ministerio de Cultura: Llevada a cabo el 31 de Julio de 2017, con el fin de presentar el proyecto y conocer los lineamientos que maneja el Ministerio en torno a temáticas cultural.
- Conferencia “Una mirada del espacio público, el paseo de la reforma, Ciudad de México”: Llevada a cabo el día 2 de Agosto. Se compartieron las experiencias exitosas del Metro de México y se trataron conceptos de urbanismo y paisajismo a tener en cuenta en la ciudad de Bogotá y el futuro metro.

- **Presentación Banca Multilateral:** Se realizó la presentación que será enseñada a la Banca, la cual evidencia la gestión social que se ha llevado a cabo durante la estructuración técnica del metro.

## 6.5 Gestión Predial

Este capítulo, ha sido elaborado por la Empresa Metro de Bogotá, a partir de una estimación q que parte de una identificación predial basada en el avance de los diseños de factibilidad entregados por MetroBog, y cuyo costo de adquisición comprende elementos como: i. Valores comerciales que incluyen daño emergente y lucro cesante, ii. Reconocimientos a unidades sociales plan de gestión social y iii. Demoliciones, cerramiento y vigilancia, calculados por el equipo de profesionales de la Dirección de Predios del IDU

### 7.5.1. Marco Normativo

Dentro de los fines del Estado Social de Derecho establecidos en la Constitución Nacional se encuentra el consagrado en el artículo 2º que hace alusión a la protección de todas las personas en sus bienes, es por tanto, que el artículo 58 ibídem, garantiza la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles, los cuales no pueden ser desconocidos ni vulnerados por leyes posteriores; sin embargo este derecho es limitante cuando la norma establece que cuando se presente conflicto entre los derechos de los particulares y la aplicación de una ley por motivos de utilidad pública o interés social, el interés privado deberá ceder al interés público o social. Indica en su inciso final que podrá haber expropiación mediante sentencia judicial e indemnización previa, por motivos de utilidad pública o interés social definidos por el legislador.

La adquisición de inmuebles vía de enajenación voluntaria y/o expropiación de un bien por razones de utilidad pública e interés social, debe ser acorde con los mandatos constitucionales y respetando los valores fundamentales del Estado Social de Derecho de (i) principio de legalidad, (ii) debido proceso, (iii) acceso a la justicia y (iii) una indemnización justa.

Estos postulados constitucionales han sido desarrollados por las Leyes 9ª de 1989<sup>1</sup> y 388 de 1997<sup>2</sup> en la definición de los motivos de utilidad pública, motivos de urgencia, procedimiento de adquisición de inmuebles en sus dos fases: enajenación voluntaria y expropiación judicial y/o administrativa, avalúos comerciales y anuncio del proyecto.

Con respecto a los avalúos comerciales base para definir el precio de adquisición de inmuebles por

<sup>1</sup>“Por la cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de bienes y se dictan otras disposiciones”

<sup>2</sup> “Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones.”



utilidad pública, el artículo 61 de la Ley 388 de 1997<sup>3</sup> fue reglamentado por el Decreto 1420 de 1998<sup>4</sup> y a partir del cual el IGAC, en cumplimiento a este Decreto, adoptó mediante la Resolución 620 de 2008<sup>5</sup> las metodologías aplicables para determinar el avalúo comercial de los inmuebles que serían adquiridos por las entidades públicas que anuncien proyectos por motivos de utilidad pública.

Con la expedición de la ley 1682 de 2013 modificada por la ley 1742 de 2014, en materia de adquisición predial para la ejecución de proyectos de infraestructura de transporte, introdujo procedimientos más expeditos para el mecanismo de expropiación e introdujo cambios en lo que respecta a indemnizaciones (daño emergente y lucro cesante). Por lo tanto, las entidades que ejecuten proyectos de infraestructura deberán aplicar dicho procedimiento y los avalúos comerciales a que se refiere el artículo 61 de la Ley 388 de 1997 y la Resolución 620 de 1998 del IGAC ya citadas, deberán incluir el daño emergente y lucro cesante. El Decreto 1420 de 1998 y la Resolución 620 de 2008 del IGAC no reglamentaron ni contemplaron metodología alguna para la liquidación de esta indemnización. Siendo de carácter obligatorio conforme con la Ley 1682 de 2013 de ser procedente.

El IGAC, en cumplimiento del artículo 23 de la Ley 1682 de 2013, mediante las Resoluciones 8987 y 1044 de 2014<sup>8</sup> adoptó la metodología para liquidar estos dos conceptos e incluirlos dentro del avalúo comercial. En consecuencia, el avalúo comercial del inmueble será igual al precio de adquisición en la etapa de enajenación voluntaria en los términos establecidos en el artículo 37 de la Ley 1682 de 2013 modificado por la Ley 1742 de 2014.

Otro aspecto que debe ser objeto de estimación y que hace parte de la gestión predial son los reconocimientos y/o compensaciones que hace la entidad a cargo del proyecto, los cuales tienen por objeto minimizar los impactos socioeconómicos generados por el desplazamiento de las familias y/o unidades productivas. Los programas de gestión social y reasentamiento se encuentran reguladas

---

3 "Artículo 61º.- Modificaciones al procedimiento de enajenación voluntaria. Se introducen las siguientes modificaciones al procedimiento de enajenación voluntaria regulado por la Ley 9 de 1989: El precio de adquisición será igual al valor comercial determinado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la entidad que cumpla sus funciones, o por peritos privados inscritos en las lonjas o asociaciones correspondientes, según lo determinado por el Decreto-Ley 2150 de 1995, de conformidad con las normas y procedimientos establecidos en el decreto reglamentario especial que sobre avalúos expida el gobierno. El valor comercial se determinará teniendo en cuenta la reglamentación urbanística municipal o distrital vigente al momento de la oferta de compra en relación con el inmueble a adquirir, y en particular con su destinación económica. (...)" resaltado fuera de texto.

4 "por el cual se reglamentan parcialmente el artículo 37 de la Ley 9 de 1989, el artículo 27 del Decreto-ley 2150 de 1995, los artículos 56, 61, 62, 67, 75, 76, 77, 80, 82, 84 y 87 de la Ley 388 de 1997 y, el artículo 11 del Decreto-ley 151 de 1998, que hacen referencia al tema de avalúos."

5 "Por la cual se establecen los procedimientos para los avalúos ordenados dentro del marco de la Ley 388 de 1997."

6 "Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias."

7 "Por medio de la cual se fijan normas, métodos, parámetros, criterios, y procedimientos para la elaboración de avalúos comerciales requeridos en los proyectos de infraestructura de transporte a que se refiere la Ley 1682 de 2013."

8 "Por medio de la cual se modifica parcialmente y se adiciona la Resolución 898 de 2014 que fija normas, métodos, parámetros, criterios, y procedimientos para la elaboración de avalúos comerciales requeridos en los proyectos de infraestructura de transporte a que se refiere la Ley 1682 de 2013."

por el Distrito desde el Plan de ordenamiento territorial<sup>9</sup>. El numeral 3 del artículo 303 ibídem obliga a las entidades distritales que desarrollen actividades y proyectos definidos por el artículo 58 de la Ley 388 de 1997, a la formulación y ejecución de Planes de Gestión Social con el fin de mitigar los impactos generados por el desplazamiento de población, y establecer las acciones y actividades de reasentamiento por obra pública y por cualquier intervención de reordenamiento territorial.

Mediante los Decretos Distritales 296 de 2003 y 329 de 2006, la administración estableció los criterios, parámetros y factores para dar cumplimiento a las disposiciones del plan de ordenamiento territorial en materia de gestión social para el pago de las compensaciones y/o reconocimientos de ser procedentes.

En ese orden ideas, la gestión predial que Metro de Bogotá S.A. (“EMB”), adelantará se hará bajo los parámetros de las Leyes 388 de 1997 y Ley 1682 d 2013 y la gestión social atenderá lo establecido en la normatividad local, Acuerdo 10 de 2000 del Concejo de Bogotá, reglamentado por los Decretos Distrital 296 de 2003 y 329 de 2006.

Con la expedición del Documento CONPES 3882 de enero de 2017, la Nación avaló la posibilidad de que la EMB realice inversiones en la etapa preoperativa del Proyecto PLMB, siendo la gestión predial uno de los componentes elegibles de ser cofinanciados por la nación

Atendiendo el citado CONPES, el Ministerio de Transporte expidió la Resolución 1023 de 2017, por la cual se definen los elementos elegibles de ser cofinanciables por parte de la Nación, y el mecanismo de reconocimiento de aportes en especie en los proyectos SITM Transmilenio Soacha Fase II y III y Primera Línea de Metro. Para que las erogaciones relacionadas con la gestión predial puedan ser reconocidas como elemento elegible del convenio de cofinanciación, la empresa también deberá atender los parámetros determinados en dicha resolución, particularmente en su Numeral 4.1 y en el Anexo II, Marco de Política de Reasentamiento y Adquisición Predial y Directriz de Reconocimientos.

### **7.5.2. Antecedentes**

EMB fue creada como una sociedad por acciones del orden distrital, descentralizada vinculada al sector de movilidad, y a la cual para cumplir su objeto entre otras funciones le otorgaron la establecida en el numeral 8 del artículo segundo del citado Acuerdo 642 de 2016 que indica: “(...) Anunciar, declarar la utilidad pública, las condiciones de urgencia y adquirir por enajenación voluntaria o mediante los mecanismos legales de expropiación judicial o administrativa, los inmuebles requeridos para el cumplimiento de su objeto social; (...)”.

El anuncio del proyecto, requisito sine qua non para iniciar la adquisición predial, fue efectuada por

---

<sup>9</sup> **DECRETO 190 DE 2004** "Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003."

el Distrito inicialmente con los Decretos 577 de 2013 y 425 de 2014, y fueron modificados con la expedición del Decreto Distrital 318 de 2017 el cual a su vez derogó el Decreto 136 de 2015. Este Decreto anuncia la Primera Línea de metro de Bogotá D.C., y declaró la existencia de especiales condiciones de urgencia por motivos de utilidad pública e interés social para la adquisición de predios necesarios para la ejecución del Proyecto PLMB; por lo tanto, el mecanismo de adquisición que aplicará la empresa será el mecanismo de expropiación administrativa establecido en la Ley 1682 de 2013.

La EMB, en aplicación de los principios de economía, eficiencia y coordinación entre entidades públicas, suscribió el convenio No. 1021 de 2017 con el Instituto de Desarrollo Urbano-IDU- para adelantar la gestión predial de los inmuebles requeridos para la construcción y operación del proyecto Primera Línea de Metro de Bogotá (PLMB).

Mediante la Resolución número 1145 del 14 de julio de 2017, La Secretaría de Planeación de Bogotá, definió la zona de reserva para el viaducto y la franja de aislamiento para la Primera Línea del Metro, Tramo 1.

En ese orden de ideas, la gestión predial requerida para la primera línea del metro, se puede definir como aquel proceso que la EMB adelantará conducente a obtener la titularidad y disponibilidad de los predios requeridos para el Proyecto PLMB, y cuyo alcance comprende: a) La Investigación técnica, jurídica, física y socio-económica, en la cual se identifique la relación existente entre los inmuebles requeridos para la ejecución del Proyecto PLMB y sus propietarios y /o terceros; b) las actividades necesarias para iniciar y culminar la adquisición del Predio, sea a través de enajenación voluntaria o expropiación administrativa; y c) todas las acciones sociales y acompañamientos a la comunidad que reside y/o que tiene relación directa con el sector que se verá afectado por el Proyecto PLMB.

### 7.5.3. Definiciones

Para efectos de este documento se establecen las siguientes definiciones:

**Anuncio del proyecto:** Acto administrativo mediante el cual la Entidad anuncia una obra de utilidad pública, en los términos establecidos en el Decreto 2729 de 2012. Para el Proyecto PLMB, fue expedido el Decreto Distrital 318 de 2017 que modificó los Decretos 577 de 2013 y 425 de 2014 y derogó el Decreto Distrital 136 de 2015; declaró la existencia de especiales condiciones de urgencia por motivos de utilidad pública e interés social para la adquisición de predios necesarios para la ejecución del Proyecto PLMB.

**Reserva vial:** De conformidad con el artículo 445 del Decreto Distrital 190 de 2004, se definen como “Las zonas de reserva a que se refiere esta disposición, son las áreas del territorio Distrital que de conformidad con este Plan de Ordenamiento o con cualquiera de los instrumentos que lo desarrollen, sean necesarias para la localización y futura construcción de obras del sistema vial principal de la ciudad, de redes matrices de



servicios públicos, de equipamientos colectivos de escala urbana y, en general de obras públicas o para la ejecución de programas o proyectos con inversión pública, o para protección ambiental, a fin de que sean tenidas en cuenta para la imposición oportuna de las respectivas afectaciones.” La Secretaria de Planeación de Bogotá, expidió la resolución número 1145 del 14 de julio de 2017 mediante la cual se definió la zona de reserva para el viaducto y la franja de aislamiento para a primera línea del metro.

**Avalúo comercial:** Es aquel que incorpora el valor comercial del inmueble (terreno construcciones y/o cultivos) y/o el valor de las indemnizaciones o compensaciones, de ser procedente.

**Valor comercial del inmueble correspondiente a terreno, construcción y/o cultivos objeto de adquisición:** Es el precio más probable por el cual el inmueble se transaría en un mercado donde el comprador y el vendedor actuarían libremente, con el conocimiento de las condiciones físicas y jurídicas que afectan el bien.

**Indemnización:** Es el resarcimiento económico que se reconocerá y pagará al beneficiario, en caso de ser procedente, por los perjuicios generados en el proceso de adquisición predial.

**Daño emergente:** En materia de inmuebles, corresponde a los costos directos e indirectos (escrituración, impuestos, tasas y contribuciones, licencias de construcción, adecuaciones, mano de obra, materiales, etc.) en que debe incurrir el propietario del predio para reponer un bien semejante al que se adquiere por motivos de utilidad pública. Normalmente, la tasación del daño emergente se asocia y está incluido en el valor comercial del bien por ser representativo del mismo, salvo cuando se impone la necesidad de reconocer ítems excepcionales no contenidos en la valor inicial global por ser atípicos.

**Lucro cesante:** Ganancia, renta o utilidad que una persona deja de percibir como consecuencia del cese de una actividad productiva debido a la adquisición del inmueble por motivos de utilidad pública.

**Entidad adquirente:** Persona de derecho público o su delegatario, según sea el caso, encargada de adelantar el proceso de adquisición predial por motivos de utilidad pública e interés social para el Proyecto PLMB. Metro de Bogotá S.A. cuenta con las facultades para expropiar en los términos de la Ley 1682 de 2013.

**Proceso de adquisición predial por motivos de utilidad pública e interés social:** Conjunto de actuaciones administrativas y/o judiciales, en virtud del cual se logra la transferencia del derecho de dominio a favor de la entidad adquirente, con el propósito de ser destinado a la ejecución y/o desarrollo de proyectos de infraestructura de transporte en los términos señalados en la Ley 1682 de 2013. El proceso de adquisición se podrá adelantar por enajenación voluntaria o por expropiación judicial o administrativa según sea el caso, de conformidad con la normatividad vigente.

**Plan de gestión social:** Conjunto de programas, actividades y acciones que tienen por finalidad atender el desplazamiento involuntario derivado del proceso de adquisición predial por motivos de utilidad pública, que algunas entidades implementan, en virtud del cual se podrán realizar determinados reconocimientos económicos o

compensaciones sociales, cuyos conceptos y montos están previamente definidos, con el fin de ayudar a mitigar los impactos generados. La gestión social inicia con la elaboración del CENSO y el diagnóstico socioeconómico de las personas y/o Unidades Sociales (“US”) familiares, hogares y económicas que se encuentren en los predios producto de adquisición.

**Identificación predial:** Es la verificación de los elementos físico y jurídico del predio, mediante la práctica de la inspección catastral para identificar su ubicación, linderos, extensión, mejoras por edificaciones y precisar el derecho de propiedad o de posesión.

**Gestión predial y reasentamiento social:** El reasentamiento integral de la población de la zona de intervención de un proyecto determinado se realiza para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los impactos generados por el traslado y reubicación de cada una de las Unidades Sociales afectadas.

#### **7.5.4. Identificación Predial**

Mediante la Resolución 1023 del 26 de abril de 2017 el Ministerio de Transporte, en cumplimiento del CONPES 3882 de 2017, estableció los criterios de elegibilidad de los predios para el Proyecto PLMB:

**“Artículo 1.- Definición componentes elegibles para los proyectos Transmilenio - Soacha Fase II y III y Primera Línea de Metro de Bogotá.-** Son aquellos elementos esenciales para desarrollar un sistema de transporte con altos estándares de funcionalidad, operatividad, y que presenten alta conexidad con el sistema de transporte cofinanciado por la Nación, como: (...)

d) Predios y su plan de reasentamientos y reconocimientos respectivo, cuando estos no se financien en un esquema de concesión donde este componente se remunere a través de la tarifa y cumplan los criterios establecidos en el Anexo 1 de esta resolución, elaborado con base en los lineamientos contemplados en el Anexo B del documento CONPES 3882 de 2017.

**Parágrafo:** La precisión de los elementos elegibles de cofinanciación y el desglose de cada uno de ellos serán definidos en el Anexo del Convenio de Cofinanciación con base en documento CONPES de importancia estratégica de cada proyecto.”

Dice la citada Resolución en su Anexo 1, Descripción de los componentes elegibles como aportes en especie:

**“Serán componentes elegibles y susceptibles de ser validados como aporte en especie, las inversiones realizadas en los siguientes tipos de predios:**

4.1.1. Relacionados directamente con la construcción y operación del proyecto, en los componentes: vías indispensables, patios, talleres y estaciones (sencillas, dobles e intermedias y/o de integración).

a.) Los predios situados a una distancia no mayor a 10 metros medidos desde el borde externo de la placa del viaducto, carril exclusivo o borde externo de la estructura de la estación y hasta el punto más cercano del predio.

b.) Los predios adicionales que deben ser

intervenidos acorde con los requerimientos o normas técnicas (operacionales, ambientales y urbanísticas), destinados exclusivamente para la construcción y operación al sistema.

**Parágrafo 1:** No serán elegibles las inversiones realizadas en predios requeridos para completar las manzanas de intervención para el viaducto o estación integral (culatas o espacios públicos residuales), salvo que los requerimientos o normas técnicas (operacionales, ambientales y urbanísticas) lo exijan. En este último caso, deberá garantizarse por parte del ente gestor, que la adquisición de estos predios, no afecta los recursos disponibles para la compra de los predios relacionados directamente con la construcción y operación del proyecto.

**Parágrafo 2:** El valor a reconocer como aporte en especie por el componente predios deberá atender la necesidad del proyecto, manteniendo la viabilidad y sostenibilidad del mismo, buscando la máxima optimización de los recursos disponibles en el convenio de cofinanciación. En todo caso, la Nación no cubrirá ningún mayor costo al establecido en el documento Conpes específico del proyecto, por lo tanto, cualquier costo adicional en el proyecto deberá ser asumido por la entidad territorial.

4.1.2. Adquiridos total o parcialmente para desarrollos urbanos complementarios o conexos a las estaciones que generen un retorno o ingreso adicional al sistema, comprobado con un ejercicio financiero a nivel de factibilidad.”

Partiendo de los lineamientos de la Resolución, la EMB agrupó los predios del proyecto en las familias que se presentan a continuación:

### **Familia 1**

- 1.1. **Viaducto.** Son predios situados a una distancia no mayor a los 10 metros, medidos desde el borde de la placa del viaducto hasta el punto más cercano del predio.
- 1.2. **Perfil Urbano.** Predios que se afectan por el trazado del perfil vial y urbano definido por SDP en su cartilla “Lineamientos de diseño del espacio público para el proyecto del Tramo 1 de la Primera Línea del Metro de Bogotá”.
- 1.3. **Pórticos.** Predios en un radio de 10 metros del centro de la columna de los pórticos diseñados para soportar el viaducto y que, por definición, exceden el borde de placa del mismo.
- 1.4. **Ramal Técnico.** Requeridos para la construcción del viaducto que conecta la primera estación con el patio taller.
- 1.5. **Patio Taller.** Predios necesarios para la localización del Patio Taller.
- 1.6. **Cola de Retorno.** Predios necesarios para la construcción de la cola de retorno.
- 1.7. **Subestaciones Eléctricas.** Predios necesarios para la localización de subestaciones eléctricas del Metro de Bogotá.
- 1.8. **Estaciones.** Predios necesarios para la localización de los módulos de acceso a las estaciones del Metro de Bogotá.

**Familia 2. Complementarios.** Predios complementarios necesarios para cumplir con requerimientos o normas técnicas (operacionales, ambientales y urbanísticas) del Proyecto, particularmente para evitar culatas y completar manzanas de

intervención.

**Familia 3. Complemento de estaciones.** Predios para estaciones que incluyen desarrollos inmobiliarios complementarios al mínimo determinado (Familia 1, numeral 1.8) para implantar los módulos de acceso.

#### 7.5.5. Memoria técnica de estimación de costos prediales primera línea metro

La estimación que se presenta en este documento parte de una identificación predial basada en los diseños de Factibilidad entregados por MetroBog, y cuyo costo de adquisición comprende elementos como: i. Valores comerciales que incluyen daño emergente y lucro cesante, ii. Reconocimientos a unidades sociales plan de gestión social y iii. Demoliciones, cerramiento y vigilancia.

Para efectos de las proyecciones de los valores comerciales de los inmuebles ya identificados, la metodología aplicada para la adquisición de predios por motivos de utilidad pública es la definida en el artículo 1 de la Resolución 620 de 2008 que reguló el Decreto 1420 de 1998 establece: *“MÉTODO DE COMPARACIÓN O DE MERCADO. Es la técnica valuatoria que busca establecer el valor comercial del bien, a partir del estudio de las ofertas o transacciones recientes, de bienes semejantes y comparables al del objeto de avalúo. Tales ofertas o transacciones deberán ser clasificadas, analizadas e interpretadas para llegar a la estimación del valor comercial.”*

Para el efecto, se tomó como fuente para la estimación del valor comercial la metodología aplicada por el Instituto de Desarrollo Urbano-IDU- para sus prefactibilidades, que a su vez toman de la información oficial de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital -UAECD- del Censo Inmobiliario Catastral vigencia 2016 para los dos parámetros: 1. Cálculo del valor del suelo, tomado del valor de referencia del suelo 2016, y 2. Cálculo del valor de construcciones, el cual se toma a partir de los valores catastrales de metro cuadrado promedio de construcción.

La fuente de información utilizada como base para la estimación de valores de los predios es la determinada por la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital en el Censo Inmobiliario Catastral vigencia 2016. De esta base de información predial se toma para efecto del cálculo del valor del suelo, el valor de referencia del suelo 2016, así como los valores catastrales de metro cuadrado promedio de construcción.

La razón por la cual se tomó esta información obedece a que corresponde a un estudio reciente de mercado inmobiliario en toda la ciudad, producto del análisis estadístico de mercado inmobiliario del año referido.

El valor de suelo es determinado con base en la metodología IGAC de Zonas Homogéneas Físicas, que corresponden a espacios geográficos con características similares en cuanto a: Clasificación del suelo, norma urbanística vigente, topografía, vías, disponibilidad de servicios públicos, destinación económica predominante y tipología de la misma.

El valor metro cuadrado de construcción es

determinado por la UAECD con base en la aplicación de modelos econométricos por uso de construcción, el cual toma variables que inciden en la estimación del mismo, como son: área, puntaje de calificación de la construcción, vetustez, etc.

Para determinar el valor comercial metro cuadrado de construcción, se toma el valor catastral y se divide en el porcentaje en que fueron afectados los valores catastrales de construcción estimados por modelos econométricos según su uso, aplicando los porcentajes señalado en el numeral 1 del Acta No. 17 del 7 de diciembre de 2016 del CONFIS.

El valor de construcción es ajustado por el índice de valorización inmobiliaria Urbano y Rural – IVIUR 2016 (UAECD), para reflejar la variación del Avalúo Catastral 2017.

Se tiene entonces la aplicación de la siguiente fórmula para la estimación del avalúo comercial:

- **AC:** *Avalúo comercial*
- **ATA:** *Área de terreno afectada*
- **ACA:** *Área construida afectada*
- **VM2RC:** *Valor de Referencia Catastro 2016 (suelo)*
- **VCM2CON:** *Valor catastral M<sup>2</sup> promedio de construcción.*
- **% CONFIS:** *Factor Decremento CONFIS por uso*
- **FA:** *Factor ajuste por desviación de datos*
- **VE:** *Valorización estimada*

$$AC = \{ (ATA * VM2RC) + ((ACA * (VCM2CON / \% CONFIS)) ) * 1,15 \%$$

Una vez determinado el avalúo a precios de hoy, es recomendable proyectarle la valorización en los términos de tiempo que se requiere para el inicio de la gestión predial. Se toma como tasa de valorización inmobiliaria, las establecidas en el documento técnico soporte para la determinación del IVIUR 2016 descrita a continuación.

- Al avalúo comercial del inmueble calculado en virtud del artículo 23 de la Ley 1682 de 2013 se le debe incorporar la indemnización (Daño emergente y lucro cesante).
- Se asume un 5% por concepto de daño emergente y 5% por concepto de lucro cesante del valor comercial estimado de los inmuebles (terreno + construcción), que corresponde al promedio de incidencia de las indemnizaciones (lucro cesante y daño emergente) respecto del valor predial en los proyectos desarrollados al interior de la Dirección Técnica de Predios del IDU.

- Al Avalúo Total Proyectado (ATP), se incluyen las compensaciones y la provisión para demolición, cerramiento de predios adquiridos y vigilancia de los mismos.
  - Para la estimación de la compensación (Acuerdo 10 de 2000, Decreto 296 de 2003, Decreto 329 de 2006 y Resolución IDU 5965 de 2006), se tomó el 5% del avalúo total proyectado (ATP), que corresponde a la incidencia del valor del reconocimiento en los proyectos desarrollados en esta dependencia.
  - Igualmente se tuvo en cuenta un 5% del avalúo estimado para provisión demoliciones, cerramiento y vigilancia de los inmuebles objeto de este estudio.

### 7.5.6. Presupuesto para gestión predial del Proyecto PLMB

Familia	Tipo	TOTAL GESTIÓN PREDIAL	# Predios	# de Lotes	Área terreno (m2)	Área construida (m2)	\$/m2 suelo	IC	Predios/Lotes
F1	01-Viaducto	\$ 162.456.399.479	120	112	40.305	50.154	\$ 4.030.684	1,2	1,1
	02-Perfil Vial	\$ 207.404.932.149	470	243	30.264	63.333	\$ 6.853.086	2,1	1,9
	03-Pórticos	\$ 15.642.008.996	12	12	2.227	5.374	\$ 7.022.352	2,4	1,0
	04-Ramal Técnico	\$ 3.069.323.210	3	3	31.650	0	\$ 96.976	0,0	1,0
	05-Patio Taller	\$ 20.676.241.372	6	6	320.956	156	\$ 64.421	0,0	1,0
	06-Cola de Retorno	\$ 31.351.350.698	108	4	5.642	6.132	\$ 5.556.602	1,1	27,0
	07-Subestaciones E	\$ 14.744.870.877	3	3	6.979	1.151	\$ 2.112.606	0,2	1,0
	08-Estaciones	\$ 809.264.776.315	1.298	630	130.739	222.287	\$ 6.189.935	1,7	2,1
	<b>Total F1</b>	<b>\$ 1.264.609.903.095</b>	<b>2.020</b>	<b>1.013</b>	<b>568.763</b>	<b>348.587</b>	<b>\$ 2.223.437</b>	<b>0,6</b>	<b>2,0</b>
F2	01-Viaducto	\$ 87.543.723.283	140	113	20.130	32.863	\$ 4.348.997	1,6	1,2
	03-Pórticos	\$ 8.747.796.721	14	9	1.359	3.101	\$ 6.439.021	2,3	1,6
		<b>Total F2</b>	<b>\$ 96.291.520.004</b>	<b>154</b>	<b>122</b>	<b>21.488</b>	<b>35.964</b>	<b>\$ 4.481.136</b>	<b>1,7</b>
F3	01-Complemento de Estaciones	\$ 354.313.656.707	651	448	73.722	126.616	\$ 4.806.091	1,7	1,5
		<b>Total F3</b>	<b>\$ 354.313.656.707</b>	<b>651</b>	<b>448</b>	<b>73.722</b>	<b>126.616</b>	<b>\$ 4.806.091</b>	<b>1,7</b>
<b>Total</b>		<b>\$ 1.715.215.079.806</b>	<b>2.825</b>	<b>1.583</b>	<b>663.973</b>	<b>511.167</b>	<b>\$ 2.583.259</b>	<b>0,8</b>	<b>1,8</b>

Fuente: Empresa Metro de Bogotá

Carrera 7 N.º 71 – 52 - Torre B - Piso 6 • Bogotá D.C. - Colombia  
 Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
 Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.



## 6.6 Avances que se tienen a la fecha en los productos de la Optimización y actualización de los diseños por cada una de las disciplinas

### 7.6.1. Estudio de topografía

#### ALCANCE

#### ETAPA DE REVISIÓN, VERIFICACIÓN, ANÁLISIS Y COMPLEMENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- ANALISIS DE INFORMACION DE ESTUDIOS TOPOGRAFICOS ANTERIORES INCLUYE CONTRATOS IDU.

Análisis de información recibida o investigada para el desarrollo de los estudios topográficos determinando la validez de lo encontrado. Planos con trazados preliminares, diseños y planos urbanísticos en la zona de influencia, planos topográficos o planos record de construcción. Información de redes de acueducto y alcantarillado existente (redes menores y redes matrices) y planos record de obra construida por EAB. Consulta de planos de las redes de energía existentes de baja, media y alta tensión, así como redes telefónicas y de gas natural construido y/o proyectado dentro de la zona de desarrollo del proyecto ante las Entidades correspondientes.

- METODOLOGIA DEL ESTUDIO TOPOGRAFICO.

Descripción de la metodología, la cual debe cumplir con la calidad, las precisiones y los tiempos esperados para el desarrollo del estudio topográfico.

- GEORREFERENCIACIÓN (RECEPTOR GNSS)

- Materialización de puntos de control horizontal. Red de puntos de amarre con coordenadas referidas al Sistema de referencia Magna Sirgas, utilizando como base fija en horizontal vértices materializados por el IGAC
- Materialización en zonas duras. Materialización de puntos GNSS con placas de aluminio incrustada en sardineles, andenes, zonas duras
- Materialización en zonas blandas. En caso de no existir zonas duras para la materialización de los puntos GNSS o de algunos puntos de las poligonales, se monumenta en concreto, con incrustación de placa de aluminio.
- Especificación de placas. Placas de aluminio marcadas con una inscripción que permita la identificación del punto.
- Rastreo GNSS
  - Medición GNSS.



- Post proceso GNSS.
- Poligonales
  - Medición poligonal.
  - Cálculos poligonales.
- Nivelación

## ETAPA FACTIBILIDAD

- Levantamiento aéreo (ortofoto + LIDAR).
- Vuelo.
  - Sistema de posicionamiento y navegación.
  - Planificación de vuelo.
  - Red de apoyo al vuelo.
  - Establecimiento del valor altimétrico sobre el nivel medio del mar.
  - Modelo de Aero triangulación.
  - Clasificación de los puntos.
  - Modelo digital del terreno (DTM).
  - Modelo digital de superficie (DSM).
- Procesamiento Ortofoto. Documentación de la precisión horizontal de ortoimágenes digitales, datos planimétricos y conjuntos de datos de elevación en los metadatos de acuerdo al estándar ASPRS.
- Procesamiento LIDAR.
  - Restitución. Información obtenida del vuelo LIDAR, ligada a la red planimétrica y altimétrica del proyecto. Del vuelo LIDAR se obtiene: Nube de puntos (Modelo de Terreno y Modelo de Superficie), altamente densificado. La altimetría, se obtiene las curvas de nivel cada 50 cm a partir del Modelo Digital de Terreno. La planimetría, se obtiene a partir de la fotointerpretación de los elementos presentes en la ortofoto, se realizó la vectorización de los elementos que se localizan en el área del proyecto, como las vías, líneas de energía y construcciones; la información de la planimetría se valida con la información obtenida del Modelo Digital de Superficie (DSM).
- LEVANTAMIENTO ESCÁNER TERRESTRE.

En los sitios para las estaciones del Metro, levantamiento por medio de un equipo de Escáner Laser, el cual es un dispositivo de medición precisa que genera imágenes foto realistas tridimensionales y un modelo 3D del área y/o estructuras levantadas.

- Puntos de control
    - Materialización. De acuerdo a la información existente de la zona del proyecto, se ubican los puntos de referencia con coordenadas conocidas para georreferenciar con precisión toda la información (nube de puntos) tomada con el escáner laser.
    - Poligonales. Nivelación. De acuerdo a la información existente de la zona del proyecto, se ubican los puntos de referencia con coordenadas conocidas para georreferenciar con precisión toda la información (nube de puntos) tomada con el escáner laser.
  - Escaneo estaciones. Estos puntos se denominan Targets, están fabricados con material reflectante, se han ubicado tanto fuera del movimiento, para poder correlacionar las diferentes tomas, y dentro de la masa movilizada para, en el caso de poder reconocer cada targets, tener otra posibilidad de establecer parámetros de movimiento.
  - Procesamiento.
    - Registro nube de puntos.
    - Limpieza nube de puntos.
    - Geo-referenciación nube de puntos.
    - Generación de nube puntos final.
  - Unificación
    - Integración LIDAR (Predio Corzo, Atlas y Geocam) + ORTOFOTO.
    - Estructura de carpetas
- INFORME DE ESTUDIO TOPOGRÁFICO INFORME FINAL.

#### Información técnica

- Equipos y accesorios utilizados
- Personal involucrado en el estudio topográfico (Nombre y matrícula profesional vigente)
- Metodología empleada (campo y oficina)
- Procesamiento de los datos
- Ajuste de coordenadas
- Resumen de los datos obtenidos por cada subproducto y producto

- Descripción GNSS, procedimiento de posicionamiento GNSS, informe de post proceso y resultados
- Poligonal de amarre o marco de referencia, cálculos, error cierre, listado de detalles
- Nivelación y contra nivelación, cálculos, error de cierre, certificados de los vértices
- Sitios especiales en la zona de levantamiento
- Formato metadatos (Suministrado por la Interventoría)
- Pruebas de verificación de calidad de los datos, precisiones esperadas vs alcanzadas en cada procedimiento.
- Conclusiones y recomendaciones
- Anexos
- Cálculos y Memorias:

Memorias de cálculos topográficos, listados de coordenadas. Se incluye toda la documentación que soporte las actividades realizadas.

- a. Archivos crudos, RINEX y demás soportes.
- b. Carteras de campo GNSS y cartera digital GNSS
- c. Reporte de post proceso GNSS
- d. Cálculos y carteras de poligonal o marco de referencia en formatos en Excel estandarizados y formulados.
- e. Cartera de nivelación y contra nivelación en formatos en Excel estandarizados y formulados.
- f. Relación de deltas y puntos radiados
- g. Certificados de calibración de los equipos utilizados (máximo 1 semana de expedida)
- h. Reporte IGAC de los vértices utilizados.
- i. Formato ubicación GNSS
  - Archivos Escáner Laser
  - a. Archivos procesados XYZ o formato similar
  - b. Modelo digital 3D de los sitios levantados
  - Archivos LIDAR
  - a. Archivos crudos .Las
  - b. Archivos procesados XYZ
  - c. Ortofo ECW

- d. Plan de vuelo
- e. Calibración de vuelo
- f. Modelo Geoidal local
- g. Restitución altimétrica y planimétrica
- h. Modelo digital de terreno MDT
- i. Modelo digital de superficies MDS

#### Esquemas:

- a. Esquema de área del levantamiento
- b. Esquema GNSS
- c. Esquema poligonal o marco de referencia
- d. Esquema de la nivelación
- e. Esquema plano resultante

#### Planos:

Plano topográfico del proyecto con la representación de todos los objetos del polígono de estudio en coordenadas X, Y, Z, con alturas derivadas de la nivelación geométrica de control, a la escala y separación de curvas de nivel aprobadas por la interventoría, clasificados en layer independientes, con los bloques adecuados, usando el comando 3Dpoly en las líneas continuas, empleando como líneas de quiebre en el modelado. Tal es el caso de ejes de vía, andenes, borde vía, paramentos, separadores, rampas, canales, filos y pie de tramos atípicos o característicos, escaleras, entre otros. Especial cuidado en la toma en campo de detalles que permitan un dibujo veraz (por ejemplo, arcos, polígonos), además de adjuntar el archivo digital en formato “dwg” con las curvas de nivel cada 0.50 m resultantes del modelo TIN o el modelo digital de terreno.

- Nube de puntos en tres dimensiones formato dwg
- Registro Fotográfico:
- Información digital restante

#### **PRODUCTOS**

- Informe de revisión, verificación y análisis de información topográfica existente (rai).
- Informe metodología para estudio topográfico.

- Informe de red geodésica.
- Verificación vértices IGAC.
- Placas GNSS zona dura.
- Placas GNSS zona blanda.
- Descripción de placas.
- Descripción de proceso de recolección datos en campo.
- Reporte de pos proceso de GNSS
- Reportes word detallados graficas de vectores, efemérides precisas.
- Precisiones obtenidas control HZ.reporte nivel de confianza.
- Archivos rinex.
- Archivos crudos GPS
- Reporte minimización error de vector
- Ficha técnica GPS
- Registro fotográfico
- Formato de GPS + diagrama obstáculos.
- Carteras convencionales o diseñadas en formato Excel (precisiones)
- Carteras convencionales o diseñadas en formato Excel (precisiones)
- Alcance a informe metodología para estudio topográfico. Levantamiento aéreo con incorporación de datos lidar.

## **7.6.2. Estudios de tránsito**

### **ALCANCE**

#### **DISEÑO DE CONDICIONES DE CIRCULACIÓN DE TRÁFICO**

- Determinación de los corredores y las intersecciones afectados a lo largo de la PLMB y en su área de influencia.
- Análisis de los impactos en la circulación y nivel de servicio en los corredores e intersecciones afectados a lo largo de la PLMB y en su área de influencia.
- Definición y evaluación de las modificaciones a la circulación del tráfico de vehículos, peatones y biciusuarios (perfiles, alineamientos, geometría, capacidad, niveles de servicio, sentidos de circulación de vías e intersecciones viales, elementos para el control del tráfico y de seguridad vial) que permitan una movilidad eficiente y segura a lo largo del corredor de la PLMB y su área de influencia.

- Actualización y ajustes en el diseño geométrico de los elementos diseñados en otros componentes que se requieran como parte de los cambios de accesibilidad y movilidad del corredor de la PLMB y el área de influencia.

## ACCESOS PEATONALES Y DE BICIUSUARIOS A LAS ESTACIONES DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO

- Estimación de la demanda de usuarios incluyendo entradas y salidas en las estaciones y las transferencias entre los diferentes modos de transporte (SITP, TransMilenio, taxis, biciusuarios).
- Análisis las trayectorias de acceso y salida de las estaciones para los diferentes tipos de usuarios (peatones, ciclistas, usuarios con movilidad reducida).
- Diseño de los accesos a las estaciones y la infraestructura que permita los pasos seguros de peatones y biciusuarios considerando niveles de servicio y un funcionamiento eficiente, e integrando los análisis con las intersecciones y corredores afectados.
- Diseño de la infraestructura necesaria que permita el intercambio modal de los usuarios de la PLMB con otros modos de transporte (SITP, TransMilenio, biciusuarios, taxis, etc...) incorporando los lineamientos de diseño indicados por TransMilenio S.A.

## CONDICIONES DE CIRCULACIÓN DE TRÁFICO DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

- Determinación de los corredores y las intersecciones afectados a lo largo de la PLMB y su área de influencia durante la etapa de construcción.
- Análisis de los impactos en la circulación y nivel de servicio en los corredores e intersecciones afectadas a lo largo del corredor de la PLMB y su área de influencia durante la etapa de construcción.
- Definición y evaluación de las modificaciones a la circulación del tráfico de vehículos, peatones y bici usuarios (desvíos, cierres viales, sentidos de circulación, elementos para el control del tráfico y de seguridad vial) que mitiguen las afectaciones generadas durante la construcción del proyecto y permitan una movilidad eficiente y segura a lo largo del corredor de la PLMB y su área de influencia.

## **PRODUCTOS**

- Caracterización actual de condiciones de circulación a lo largo del corredor de la PLMB y su área de influencia.
- Metodología a emplear para el cumplimiento de los objetivos planteados en el componente.

- Plan de circulación de tráfico vehicular, peatonal y de bici usuarios en el corredor de la PLMB y su área de influencia en su etapa de funcionamiento. Esto incluye modelaciones, planos y bases de datos de información recopilada.
- Diseños de accesos peatonales y de bici usuarios a las estaciones del sistema de transporte masivo en el corredor de la PLMB. Esto incluye modelaciones, planos y bases de datos de información recopilada
- Plan de Manejo de Tráfico General del corredor de la PLMB y su área de influencia durante la etapa de construcción. Esto incluye modelaciones, planos y bases de datos de información recopilada.

### **7.6.3. Geotecnia y pavimentos**

#### **ALCANCE**

- Recopilación, validación, análisis y complementación de la información
- Investigación de servicio en sondeos
- Exploración del subsuelo - campaña de reconocimiento de campo
  - Proyecto de reconocimiento
  - Especificaciones generales de los trabajos
  - Propuesta de investigación geotécnica
  - Sondeos mecánicos
  - Ensayos y actividades de campo
  - Ensayos de laboratorio
  - Investigación geofísica.
- Factibilidad
  - Consideraciones geotécnicas para excavaciones
  - Consideraciones geotécnicas para cimentaciones
  - Consideraciones para el análisis patológico de estructuras
  - Consideraciones para el plan de manejo de trafico
  - Consideraciones para el análisis de riesgo publico
  - Consideraciones para el diseño de pavimentos

#### **PRODUCTO**

- Recopilación, validación, análisis y complementación de la información

- Geotecnia para fundaciones (Viaductos, estaciones, Puentes vehiculares y Peatonales)
- Geotecnia para Taludes
- Geotecnia para Redes Húmedas
- Geotecnia – General
- Geotecnia y mediciones para pavimentos
- Geotecnia para estructuras
- Pavimentos

#### **7.6.4. Diseño geométrico Vial (ET – 04)**

##### **ALCANCE**

##### **RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN:**

- Proyectos en desarrollo o priorizados en la zona de influencia del corredor vial.
- Coberturas POT vigente.
- Coberturas catastrales y orto imagen de Bogotá actualizadas.
- Cotas de inundación a partir de consultas en la EAB.
- Topografía de detalle.
- Recopilación y análisis de recomendaciones generadas por las demás áreas técnicas del proyecto (redes, geología, geotecnia, ambiental, entre otros).
- Parámetros operacionales emitidos por el ente gestor del sistema de transporte.

##### **FACTIBILIDAD**

- Geometría preliminar en planta para la alternativa seleccionada.
- Perfil longitudinal para cada alternativa(s)
- Desarrollo del proyecto en su fase definitiva (consolidación del perfil vial de acuerdo con el POT vigente)
- Desarrollo del proyecto a través de distintas etapas de modo que la primera de ellas sea totalmente operativa.
- Aspectos verticales y transversales para cuantificar volúmenes de movimiento de tierras.
- Definición del área de replanteo del diseño en la siguiente etapa del proyecto e insumos para reserva vial.



- Coordinación e integración de la solución geométrica con la línea del metro y consideraciones de tipo predial, urbano, ambiental, social y de redes de servicios públicos, entre otros

## **PRODUCTO**

### **RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN:**

- Relación detallada de la información y análisis de vigencia de la información.
- Análisis de relevancia de la información (importancia en el desarrollo del objeto contractual).
- Análisis de utilidad de la información (su uso dentro del desarrollo del objeto contractual).
- Conclusiones relacionadas con la recopilación y el análisis de la información.

### **FACTIBILIDAD**

- Descripción de las alternativas de diseño geométrico que se plantean y descripción de la metodología seguida para obtenerlas.
- Cuadro de parámetros de diseño para cada alternativa
- Para los casos previstos en el alcance, plano del perfil longitudinal para cada alternativa.
- Identificación de los riesgos previsibles de las diferentes alternativas.
- Estimación de cantidades o índices para cada una de las alternativas evaluadas que permitan establecer un costo a nivel de factibilidad del componente.
- Criterios de evaluación para calificar las alternativas y permitir su ponderación en la matriz Multicriterio.
- Criterios de diseño en donde se expongan los tratamientos dados a los casos especiales de diseño y/o que no se encuentren dentro de los manuales o guías de diseño.
- Planos en planta georreferenciados y a escala 1:500 de las distintas alternativas de trazado evaluadas en el formato y en las condiciones que establezca el IDU.
- Planos georreferenciados del diseño geométrico de la alternativa seleccionada en planta y perfil a nivel de factibilidad (planos plantas – perfil de los ejes principales del proyecto en escala horizontal 1:500 y vertical 1:50, no incluye bocacalles), planos de secciones transversales en escala 1:100 o 1:200 cuya frecuencia sea de al menos 50 m y en los puntos de interés para el proyecto.
- Cálculo y memorias de cantidades de obra para la alternativa seleccionada a través de los resúmenes y carteras correspondientes generadas por el software de diseño.
- Insumos requeridos para la reserva vial.

- Conclusiones y recomendaciones a tener en cuenta en la siguiente etapa del proyecto.

### **7.6.5. Diseño geométrico Metro (ET – 05)**

#### **ALCANCE**

##### **TRAZADO**

- Definición completa del trazado del eje de la línea.
- Ubicación de accesos y estaciones.
- Ubicación de salidas de emergencia.
- Esquema de vías y situación de los diferentes aparatos de vía.
- Análisis de la posible conexión con otras líneas futuras y con las cocheras y talleres
- Definición de la reposición de las vías afectadas por las obras de la línea del Metro. Las vías se repondrán como mínimo con las características actuales de las mismas o por las requeridas por la empresa metro Bogotá.
- Definición de la línea de reserva, la cual corresponde a la delimitación de los predios que pueden tener afectación por el desarrollo del proyecto.

##### **MOVIMIENTO DE TIERRAS**

- Tipología de fundaciones.
- Estabilidad y características de los taludes en terraplén y desmonte.
- Cálculo de los volúmenes previstos de préstamos y vertederos, señalando además sus posibles emplazamientos, los diagramas de compensación de tierras.
- Características de los diferentes materiales: para reutilización en la propia traza, para vertedero, procedentes de préstamo.

##### **DRENAJE**

El conjunto de las obras prevé los correspondientes sistemas de drenaje longitudinal y transversal, tanto de la propia infraestructura diseñada y su evacuación a través de las redes existentes o proyectadas, como de las superficies afectadas por el proyecto.

Los puntos de acometida de los drenajes proyectados se analizan con el fin de justificar su conveniencia.

Las obras de drenaje se representan sobre los planos de trazado, tanto en planta como en perfil longitudinal, añadiendo los que sean necesarios para plasmar correctamente la situación de todos los elementos de drenaje. También se proporcionan planos de definición geométrica básica de cada uno de dichos elementos.

##### **ESTRUCTURAS**

Identificación y descripción suficiente de las obras auxiliares necesarias para la realización de las obras principales, de manera que el diseño posterior de detalle y su ejecución no impidan la construcción del proyecto.

Planos de planta y perfil del trazado con la localización, dimensiones y tipo de las estructuras

Ubicación exacta de las estaciones (micro-localización) en función del trazado y localización definida, así como sus accesos.

## **PRODUCTOS**

- Memoria descriptiva y justificativa del trazado.
- Parámetros de diseño y comprobación cumplimiento
- Planta del eje a escala 1:1.500. Replanteo del eje.
- Perfiles longitudinales a escala H 1:500 / V 1:50.
- Perfiles transversales en función de los datos geométricos y geotécnicos recopilados.
- Definición completa y características de los elementos y puntos singulares del trazado (en planta, y perfil), incluyendo en estos casos el diseño del eje de cada vía para asegurar su constructividad.
- Cálculo estimado del movimiento de tierras con listado de mediciones.
- Planta y alzado general de estructuras, incluyendo replanteo básico.
- Esquema de la red de drenaje y conexión a la red general urbana.
- Distancias del eje respecto a edificaciones existentes y previstas, viales, cauces, conducciones y redes, etc.
- Situación (en planta y perfil) de accesos y estaciones.
- Definición básica suficiente de la reposición de las vías afectadas por las obras de la línea del Metro
- Línea de reserva.
- Definición completa del trazado (planta y perfil) del eje de vías auxiliares si existen.
- Esquema de vías y situación de los diferentes aparatos de vía con sus características.
- Análisis de la posible conexión con otras líneas futuras y con las cocheras y talleres necesarios para esta línea.
- Definición básica del trazado (planta y perfil) de las vías en talleres y cocheras

- Insumos requeridos para el trámite de la reserva vial y acompañamiento a la empresa Metro Bogotá en la gestión predial.

#### **7.6.6. Estructuras (ET – 06)**

##### **ALCANCE**

Comprende los estudios y diseños básicos de ingeniería para el dimensionamiento de las estructuras a nivel de factibilidad, tales como viaductos de línea, edificaciones, estaciones, portales, talleres, patios, subestaciones, puentes a desnivel, puestas a nivel, deprimidos, estructuras hidráulicas, estructuras de contención, pasos peatonales y demás obras complementarias, en sus tipologías generales o soluciones tipo, necesarias para asegurar la viabilidad y construcción del proyecto, además de permitir la valoración y posterior contratación de la obra, con una certidumbre razonable sobre la adecuación del precio de dicha contratación.

Para lo anterior el alcance incluyó las siguientes labores:

- Determinación del trazado de vía.
- Implantación de estaciones.
- Implantación de estructuras existentes afectadas
- Análisis de la información geotécnica.

A partir de lo anterior se desarrolla:

- Estimación de cargas muertas.
- Estimación de cargas vivas.
- Desarrollo de las tipologías estructurales para el viaducto y estaciones y cimentaciones, definidas en los documentos de antecedentes y en la descripción general del proyecto.
- Análisis y diseño básico de cimentaciones tipo.
- Análisis y diseño básico de alternativas de implantación geométrica tipo y puntos singulares.
- Cálculo de cuantías estimadas necesarias para esas soluciones tipo y puntos singulares.
- Planteamiento de geometrías, pórticos, etc, para soluciones tipo del viaducto y puntos singulares.
- Definición de detalles tipo.
- Determinación de cantidades de obra en ratios por metro lineal, de precisión suficiente para una adecuada estimación de costes.
- Especificaciones técnicas para asegurar la viabilidad constructiva.

En este sentido, y previo a este trabajo el alcance incluyó:

Realización de la búsqueda, recopilación y análisis de información secundaria, que contemple aspectos principales como: antecedentes de proyectos, estudios y normatividad, y en general todos aquellos aspectos que permitan tener un adecuado conocimiento del proyecto desde el punto de vista estructural, lo cual se deberá complementar con el reconocimiento visual de las zonas que hacen parte del proyecto, con el objetivo fundamental de tener un diagnóstico preliminar.

Para cada una de las estructuras existentes, se realiza el inventario y levantamiento topográfico, así como se identifica de la intervención en cada una de las estructuras. Adicionalmente, se plantea una solución conceptual para el reforzamiento de las mismas en los casos en que se encuentre necesario.

Para las estructuras nuevas se realiza un listado de las estructuras requeridas, en donde se define el tipo de estructura, localización, dimensionamiento, identificación de los materiales, memorias de cálculo, despiece de los elementos, detalles de refuerzo y cantidades de obra.

## **PRODUCTO**

- Inventario las estructuras existentes
  - Identificación de estructuras existentes: Listado y localización georreferenciada de las estructuras que se encuentran dentro de la zona de influencia del proyecto (puentes peatonales y vehiculares, deprimidos, estructuras hidráulicas y estructuras de contención), de acuerdo con la nomenclatura vial de la ciudad.
  - Informe de Inspección visual: Documento con el resultado de la inspección visual realizada por el especialista a cada una de las estructuras identificadas, en el que se incluyan fotografías, descripción, tipología, material y listado de daños y patologías observadas.
  - Recopilación de información: Listado de la información existente de diseño, construcción y mantenimiento de las estructuras existentes, previamente identificadas (informes, memorias y planos).
- Recomendaciones para estructuras existentes
  - Listado de estructuras existentes a conservar: Enumeración y relación de las estructuras existentes que deberán ser conservadas como parte del proyecto.
  - Recomendación de ensayos: Ensayos y pruebas para realizar en las estructuras existentes que se prevean conservar y/o adecuar dentro del proyecto.
  - Recomendación de Intervenciones: Propuestas de intervención para reforzamiento, rehabilitación, adecuación o mantenimiento de las estructuras existentes, a ser conservadas dentro del proyecto. Incluyendo memorias del análisis y diseño básico estructural y de cimentaciones y planos de definición básica con formas y cuantías.

- Recomendación de estructuras a realizar topografía de detalle: Listado de estructuras que requieren levantamiento topográfico detallado para su análisis.
- Diseño de estructuras nuevas
  - Listado de estructuras nuevas: Listado de estructuras nuevas requeridas por alternativa que contenga dimensionamiento macro-geométrico, el cual incluye la localización de acuerdo a la nomenclatura vial.
  - Análisis de alternativas de las soluciones estructurales nuevas a partir de los antecedentes ya fijados: Análisis justificado de ventajas y desventajas para las estructuras principales, teniendo en cuenta variables como: sistema estructural, material, geometría y estimación de costos.
  - Dimensionamiento de estructuras nuevas: Diseño de factibilidad para cada una de las estructuras nuevas requeridas, que incluye el dimensionamiento y caracterización de los materiales, y las memorias del análisis y diseño básico estructural y de cimentaciones
  - Esquemas básicos de las estructuras propuestas: Esquemas de geometría estructural con dimensiones y cuantías, incluyendo plantas y cortes de elementos principales de los dimensionamientos de las estructuras nuevas.
  - Esquemas constructivos en obras singulares o construidas por fases, que requieran de información especial al respecto.
  - En aquellos planos que definan perfiles longitudinales o transversales de las estructuras con cimentaciones profundas subterráneas que se precisen (pilotes, barretes, pantallas, etc.) se representará, además de las características dimensionales de éstas en las agrupaciones de soluciones tipo que se hayan justificado, las geotécnicas de los terrenos por los que transcurren, así como los tratamientos de mejora del terreno que se proyecten.
- Estimación de cantidades de obra
  - Listado de ítems de obra: Definición de los ítems representativos al componente de estructuras, para reforzamiento, rehabilitación, adecuación, mantenimiento y/o construcción.
  - Cálculo de cantidades de obra: Elaboración de la memoria de cantidades de obra con base en el dimensionamiento realizado, para cada ítem representativo de las estructuras del proyecto.
  - Especificaciones técnicas básicas para la ingeniería de detalle de las estructuras y sus cimentaciones.
- Documento Técnico de Soporte
  - Informe técnico conteniendo los resultados del análisis de estructuras existentes, dimensionamiento de estructuras nuevas, estimación de cantidades de obra, conclusiones y recomendaciones para la etapa de diseño.

### **7.6.7. Estaciones (ET – 07)**

#### **ALCANCE**

El alcance en el proyecto de estaciones incluye:

- Localización detallada de las estaciones y las condiciones de acceso en los diferentes sitios seleccionados.
- Condiciones de accesos en superficie o en edificios aledaños y urbanismo exterior, incluyendo los corredores o vías existentes tanto vehiculares como peatonales y ciclorutas.
- Vestíbulos y conexiones con andenes y demás facilidades o servicios que ofrezca la estación. (locales comerciales, interconexiones, servicios, etc.).
- Andenes y resto de sección de la estación (en superficie o viaducto).
- Dependencias técnicas y resto de espacios asociados a la estación.
- Distribución funcional de los espacios.
- Definiciones geométricas básicas de todos los elementos constitutivos de la estación.
- Identificación de Procesos constructivos posibles.
- Soluciones estructurales dimensionadas.
- Caracterización de materiales y acabados.
- Especificación de los equipos al interior de las estaciones tales como: escaleras, ascensores, climatización, iluminación, señalización, entre otros, con su respectivo dimensionamiento y previsión de espacios técnicos y pasos de servicios.
- Condiciones y las prestaciones para los equipos electromecánicos, con el grado suficiente de definición para obligar a unos altos estándares de calidad, pero sin que se predefina el fabricante.
- Diseño de obra civil, de forma que sea compatible con las características de los mejores fabricantes de estos equipos.
- Estudio de flujos de viajeros y relaciones intermodales (para aquellas estaciones que lo requieran).
- Estudio de movilidad de usuarios al interior de la estación considerando las condiciones de acceso y salida de los mismos.
- Afectación de elementos preexistentes que incidan en el proyecto de forma importante;(edificaciones, monumentos, vías, equipamientos, servicios, etc.).
- Afectación y requerimientos de las diferentes instalaciones y redes de servicios públicos existentes y las necesarias en las estaciones.

## **PRODUCTOS**

- Memorias de cálculos de todos los diseños básicos arquitectónicos y de sistemas electromecánicos.

- De manera general, para todos los sistemas de las estaciones incluyendo una descripción básica suficiente del sistema o subsistema, con los cálculos de dimensionado básico, además de incluir los criterios de diseño y normatividad nacional e internacional aplicados.
- Lista Mínima de Requerimientos del Proyecto (Libro Funcional), para las estaciones que se diseñen con módulo funcional en edificio lateral, que incluya para estos módulos cuadro de áreas, parámetros funcionales, recomendaciones de diseño y dimensionamiento de elementos.
- Planos de definición básica de las estaciones e instalaciones:
  - Plano de conjunto, a escala 1:5000.
  - Planos de planta, secciones y alzados, a escala 1:500
  - Plano general de implantación urbana
  - Infografías
  - Planos de definición de materiales (plantas, secciones y alzados)
  - Cuadros de carpinterías (puertas y ventanas)
  - Instalaciones y equipamientos a nivel de diseño básico (abastecimiento, saneamiento, alumbrado, ventilación,)
  - Cálculos de Evacuación (NFPA-30) y recorridos en planta.
  - Equipos electromecánicos.
  - Detección y protección contra incendios
  - Elementos estructurales: formas y cuantías.
- Esquemas constructivos en obras singulares o construidas por fases, que requieran de información especial al respecto
- Cálculo de cantidades de obra estimados.
- Especificaciones técnicas básicas para la ingeniería de detalle de las estaciones y las instalaciones

#### **7.6.8. Superestructura vía férrea (ET – 08)**

##### **ALCANCE**

Diseño de la superestructura de vía de la línea, del ramal técnico y los Patios y Talleres.

Se consideran componentes principales de la superestructura de vía a los siguientes elementos: apoyo de la vía (balasto, placa, durmientes o plinto), fijaciones, rieles y aparatos de vía

##### **PRODUCTOS**



- Memoria descriptiva y justificativa de los sistemas de vía a emplear y de sus componentes.
- Esquemas de vía.
- Planos de planta y perfil de las distintas vías a escala H 1:1.000 / V 1:100. Se podrán, alternativamente, utilizar las escalas indicadas para el diseño geométrico férreo: H 1:500 / V 1:50
- Secciones tipo de vía.
- Planos tipo de los distintos componentes.

#### **7.6.9. Puesto central de control (ET - 09)**

##### **ALCANCE**

Diseño completo a nivel de factibilidad del sistema PCC, segmentando el diseño en los distintos subsistemas identificados, así como en los módulos funcionales que se consideren oportunos, que incluye como puntos principales:

- Grado de cobertura de las funcionalidades
- Arquitectura detallada del sistema a nivel hardware y software
- Descripción de los elementos y equipos propuestos en la arquitectura
- Definición de todos los procesos, servicios e IHM software del SMCC
- Especificación técnica hardware y software

Especificación de la implementación de todas las interfaces, tanto internas como externas, hardware o software, detallándose su solución técnica y las funcionalidades que proporcionarán.

Elaboración de planos y esquemas que permitan entender el diseño especificado.

Presentación tanto de planos de tipo funcional y general como planos de detalles tipo, y especialmente definidos aquellos que hacen referencia a interconexión de equipos modulares o esquemas de conexionado.

Respecto a las aplicaciones software, descripción de modo de operación de la aplicación desde el punto de vista de usuario, detallando claramente las capacidades y funcionalidades que ofrecerá, así como su visualización por parte de los usuarios.

Elaboración de especificaciones y estrategia básicas para la realización de un plan de capacitación del sistema. Establecimiento de las bases para la redacción de un calendario tipo donde deberá reflejarse los cursos de formación necesarios, la entrega y contenido de documentación (manuales de producto, manuales de operación y mantenimiento, y la realización de prácticas en campo.

Finalmente, análisis completo de las actuales tendencias tecnológicas de mercado con el fin de ofrecer, mediante un estudio técnico-económico, la mejor recomendación tecnológica para el desarrollo del PCC de la primera línea de Metro de Bogotá

## **PRODUCTOS**

- Memoria descriptiva y de cálculo de los distintos componentes que forman PCC
- Dimensionado básico de Estructuras
- Dimensionado básico Instalaciones
- Estudio técnico-económico recomendación plataforma tecnológica
- Especificación técnica y funcional hardware y software básica
- Especificaciones de planes
- Planos requeridos para definir el PCC a nivel de factibilidad, incluyendo entre otros:
  - Plano índice y de situación general.
  - Planos generales de implantación y definición del PCC, estructuras, detalles, ubicación y distribución de equipos en sala,....
- Instalaciones y equipamientos no ferroviarios

### **7.6.10. Plan de operación preliminar (No tiene ET asignado. Es producto adicional)**

#### **ALCANCE**

Descripción de los criterios y principios operacionales que deben guiar los diseños de referencia de los sistemas y sub-sistemas.

Se trata de un documento de principio básico e imprescindible para obtener una primera imagen de cómo se desea que sea la línea y la operación.

Su ámbito se divide en dos documentos: POP 2050 y POP 2030.

Ello es debido a que la línea se había planteado inicialmente con un ramal entre la estación de Calle 127 y Calle 152. Posteriormente se planteó el ramal como una futura línea independiente, quedando en la fase finalista:

- Mosquera – Calle 127 - Calle 170
- Calle 152 – Calle 127.

## **PRODUCTOS**

Plan de Operación Preliminar hasta 2030

Plan de Operación Preliminar hasta 2050

### **7.6.11. Sistema de alimentación eléctrica (ET - 10)**

## **ALCANCE**

Diseño de los Sistemas de alimentación eléctrica para el correcto funcionamiento de todos los sistemas alimentados con energía eléctrica con los niveles de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad adecuados para conseguir la prestación de un servicio de transporte de viajeros de calidad.

Para ello se consideran los siguientes subsistemas:

- Subestaciones Receptoras (SER)
- Anillos de Distribución de Energía
- Centros de transformación
- Subestaciones de Tracción (SET)
- Sistema de alimentación eléctrica al material móvil

## **PRODUCTOS**

Memoria descriptiva y dimensionamiento básico de los distintos componentes que forman parte del sistema de alimentación eléctrica:

- Subestaciones Receptoras
- Anillos de Distribución
- Centros de Transformación
- Subestaciones de Tracción
- Sistema de alimentación eléctrica
- Puesta a tierra de las instalaciones

Estudios específicos justificativos. Se divide en los siguientes:

- Estudio de número y ubicación de subestaciones receptoras
- Dimensionamiento de las potencias necesarias en las receptoras
- Simulación eléctrica de la red de tracción
- Elección de la tensión de distribución de los anillos de distribución
- Configuración de los Centros de Transformación
- Determinación del sistema para garantizar la alimentación de los servicios críticos de la receptora

Planos requeridos para definir el sistema de alimentación eléctrica a nivel de factibilidad.

### **7.6.12. Señalización y control trenes (ET - 11)**

## ALCANCE

Diseño a nivel de factibilidad de un Sistema CBTC y las especificaciones técnicas con requerimientos que el Sistema CBTC debe tener en cuenta para proveer un sistema Automático de Control de Trenes (ATC) integrado en la PLMB.

El sistema CBTC buscado, de cantonamiento móvil, es un sistema flexible, que permite tanto la operación con o sin personal en el interior de los trenes.

Además del sistema CBTC, se dispondrá de un sistema de señalización lateral luminosa mínimo que junto con los circuitos de vía permitirá las circulaciones mixtas de trenes no equipados con CBTC, circulaciones especiales para tareas de mantenimiento, o bien, circulaciones en modo degradado.

Las especificaciones técnicas consideran los siguientes subsistemas, como parte del sistema de señalización:

- Elementos de campo de señalización: accionamientos de aguja, circuitos de vía, señales.
- Sistema de enclavamientos en toda la Línea y en los Talleres y Cocheras (o patios).
- Equipamiento fijo y embarcado de ATP, de ATO y equipamiento ATS que permita una automatización total de la Línea, incluidos Talleres y Cocheras (o patios).

El sistema de señalización permitirá un intervalo de operación de 90 segundos. Además, el sistema debe estar preparado, a nivel de interfaces, para que en un futuro pueda realizarse la conducción automática sin conductor.

Realización de un diseño de factibilidad del sistema adaptando la solución a los requerimientos operacionales y otras indicaciones de la nueva línea y de una especificación funcional del mismo. Simulaciones de marcha con los parámetros que caractericen la PLMB y adaptación del diseño en base a los resultados obtenidos.

Descripción general del sistema ATC, ATS, enclavamientos, y elementos de campo que permitan el funcionamiento en modo normal y degradado, tal y como se ha indicado en el alcance del sistema. Así se cuenta, como puntos principales: la descripción de las funcionalidades y de la arquitectura del sistema, la descripción de todos los elementos propuestos y su cableado así como los planos preliminares de aparatos, vías y cables.

Especificación de la implementación de todas las interfaces, detallándose las funcionalidades que proporcionarán.

Definición, de manera general pero suficiente para asegurar las prestaciones, los condicionantes del plan de implantación del sistema completo, la forma de implantación, la planificación de los trabajos y los procedimientos de calidad a utilizar.

Definición de manera suficiente de las directrices y requisitos mínimos para que el suministrador del sistema, adjudicatario de su diseño de detalle y su instalación y puesta en marcha, quede obligado a realizar los planes de formación con la calidad requerida, incluyendo las tareas y responsabilidades del Responsable de Capacitación, el calendario

y duración de las formaciones, contenido según la especialidad y objetivo de la capacitación. Definición del material de soporte a entregar para la capacitación

## **PRODUCTOS**

Proyecto Básico de Diseño, con:

- Simulaciones de marcha: incluirán las curvas velocidad/espacio y tiempo/espacio para un material móvil tipo.
- Especificación funcional del sistema, arquitectura y esquemas de principio de los diferentes subsistemas o elementos que conforman el sistema de señalización y control de trenes.
- Especificación técnica básica de todos los elementos que conforman el sistema.
- Especificación de las interfaces con otros sistemas y con obra civil.
- Planos preliminares de aparatos de vía y cables.
- Planos tipo de los equipos.
- Especificaciones del plan de Implantación y planificación.
- Especificaciones de los planes de soporte y mantenimiento del sistema.
- Especificación de las directrices y requisitos mínimos del plan de capacitación, referente a la operación y mantenimiento del sistema.

### **7.6.13. Puertas de andén (ET - 12)**

#### **ALCANCE**

Definición de las especificaciones funcionales en la redacción del Proyecto de Diseño del Sistema de Protección a Pasajeros (Puertas de Andén) de la Primera Línea de Metro de Bogotá.

El sistema de Puertas de Andén incluye:

- La franja de puertas de altura media o completa según se crea conveniente, con módulos de puertas deslizantes, módulos de puertas de emergencia, módulos de paneles fijos, y módulos de puertas de acceso a vía siempre y cuando sea necesario, teniendo en cuenta aspectos como el tipo de estación, funcionalidad final del sistema, etc. Las puertas y paneles deberán tener un marco protector (metálico o similar) que ocupe toda su altura.
- Por encima de la franja de puertas se podrá situar a lo largo de todo el andén, la franja de mecanismos y señalización pudiendo ocupar alrededor de 600 mm dependiendo de la tipología, la cual se podrá usar para ubicar en su interior todos los mecanismos, dispositivos y equipos asociados a las funcionalidades de los diferentes módulos. La cara exterior (lado andén) de esta franja se podrá usar para

la señalización visual (paneles informativos), acústica (avisador acústico) y señalización luminosa (línea fluorescente a lo largo de todas las puertas deslizantes, señalización de los estados de la puerta, etc.).

- Estructura portante (metálica o similar) de la fachada, estructura auto soportante debidamente fijada y anclada a la Obra Civil de la estación, tanto en su parte inferior (estribo del andén) como en su parte superior en caso de que la puerta tenga altura completa. Estará preparada para insertar los diferentes componentes de la fachada.
- Cierre Superior (en caso de ser necesario), por sobre de la franja de mecanismos y señalización. La fachada del cierre incluye el cierre superior hasta el techo del andén, incluyendo el acabado entre dicho cierre y el cielo raso del andén.
- Aplicación de seguridad que gestione información vital y no vital del sistema que permita la integración con el sistema de señalización.

Diseño básico del sistema que incluirá la arquitectura, la descripción funcional, la especificación técnica del sistema y sus elementos para cada tipo de estación.

Especificación de los requisitos de las interfaces con otros sistemas de la PLMB con los cuales el sistema de protección a pasajeros (puertas de andén) estará interconectado.

Planos y esquemas tipo funcionales y generales que hagan referencia a interconexión de equipos modulares o esquemas de conexionado. Los planos en una escala adecuada que permita valorar las dimensiones reales de los elementos dibujados.

Especificación de los requisitos del plan de implantación del sistema completo que incluya las actuaciones a realizar, la forma de implantación, la planificación de los trabajos y los procedimientos de calidad a utilizar.

## **PRODUCTOS**

Proyecto Básico de Diseño, con:

- Especificación funcional suficiente del sistema, incluyendo arquitectura y esquemas de principio de los diferentes subsistemas o elementos que conforman el sistema de señalización y control de trenes.
- Especificación técnica básica de todos los elementos que conforman el sistema.
- Cálculos básicos de cargas estáticas y dinámicas y de esfuerzos sobre la obra civil.
- Planos de esquemas de principios e implementación en estaciones tipo.
- Planos tipo de los equipos.
- Especificaciones del plan de Implantación y planificación
- Especificaciones de los planes de soporte y mantenimiento del sistema.
- Especificación de las interfaces con otros sistemas y con obra civil.

- Especificación de las directrices y requisitos mínimos del plan de capacitación, referente a la operación y mantenimiento del sistema.

#### **7.6.14. Sistema de comunicaciones (ET - 13)**

##### **ALCANCE**

Diseño de factibilidad de cada uno de los sistemas de comunicaciones, que incluye:

- Diseño y elaboración del Proyecto de Diseño: Arquitectura, Especificación funcional del sistema, Esquemas y planos tipo, Especificación de la metodología de implantación, de los procedimientos de calidad a aplicar, de los condicionantes de formación de usuario y personal de mantenimiento, etc.
- Redacción de estudios técnicos de justificación / aclaración de las soluciones técnicas propuestas en el Proyecto de Diseño. Organizado en 2 bloques: el bloque I especificaciones que afectan a más de un subsistema y, el bloque II las que definen un solo subsistema en concreto.

El Sistema de Comunicaciones se compondrá de los siguientes subsistemas:

- Redes de comunicación:
  - Red de Nivel Físico
  - Red de Transmisión de Voz y Datos
  - Red de Radiocomunicaciones de Voz y Datos
- Subsistemas de comunicación:
  - Telefonía o Interfonía
  - Megafonía
  - Información al Viajero
  - Video vigilancia (CCTV)
  - Control de Accesos
  - Billetaje
  - Cronometría
  - Supervisión unificada

##### **PRODUCTOS**

Proyecto Básico de diseño, con:

- Especificación funcional
- Especificación técnica, arquitectura, esquemas y planos tipo.
- Planos básicos de distribución de equipos en salas técnicas

- Esquemas de interconexión con otros subsistemas
- Entregables de SW definidos en la norma EN 50128
- Entregables de HW definidos en la norma EN 50129
- Definición de interfaces
- Datasheet de equipos y documentación de todo el SW de gestión.
- Entregables de RAMS.
- Plan de cumplimiento de calidad
- Protocolo de ingreso a salas con control de acceso
- Planos básicos de instalación de dispositivos en los edificios del explotador
- Listado de salas con control de acceso
- Documentación de los perfiles de usuarios con acceso a las salas

#### **7.6.15. Sistema de Patios y Talleres (ET - 14)**

##### **ALCANCE**

Dimensionamiento de un taller de mantenimiento para el material móvil y la infraestructura (preventivo y correctivo) y unos patios para el estacionamiento de trenes, para albergar como mínimo durante los próximos 30 años, y cambios que se produzcan en el modelo de explotación.

Diseño arquitectónico y estructural, la distribución en el interior de los mismos según su funcionalidad, los esquemas de vías que permitan el movimiento de los trenes para la realización de las tareas de mantenimiento en el interior del taller, los esquemas de vías de acceso a los talleres y a la cochera o patio considerando la explotación de la línea, las zonas de transferencia de control entre el Puesto de Mando Local del Taller y el Puesto de Control Central, así como todo el equipamiento necesario. La explotación de la línea y de la cochera o patios se realiza sin conductores.

##### **PATIOS**

La zona de patios comprende las vías de estacionamiento para trenes. Los patios se construirán de forma que en los 10 primeros años de servicio no haga falta ninguna ampliación. La capacidad de los patios debe ser suficiente para albergar todos los trenes de la PLM.

Las dimensiones de la playa corresponderán a la flota de trenes, con una reserva para posibles ampliaciones futuras. En el diseño del trazado se propondrá el uso de los aparatos de vía (desvíos o travesías) para poder realizar todos los itinerarios posibles entre las vías internas y el acceso a la línea. Los parámetros tienen en cuenta el radio mínimo de



curvatura, limitación de la aceleración compensada, curvas de transición, cálculo del peralte, etc.

## TALLER

El espacio del taller se diseña como un espacio libre de elementos de división. La longitud del taller será suficiente para tener tramos de vías con capacidad para realizar todas las operaciones en los trenes sin necesidad de desacoplarlos. Asimismo, tendrá gálibo suficiente para disponer de uno o varios puentes grúa a lo ancho del taller que permita el paso del material móvil.

También habrá que prever espacio para los vehículos auxiliares de mantenimiento.

Se completarán estos vehículos auxiliares con equipos de accesorios tales como: cesta, plataforma, grúa y sistema de encarrilamiento. Además, se prevé la posibilidad de que vayan a parquear de manera temporal en la cochera vehículos de mantenimiento específico de la vía: esmeriladora o bateadora.

Los talleres se señalarán para una conducción manual de marcha a la vista. Los movimientos de los trenes en el interior de los talleres serán controlados desde el PMLT (Puesto de Mando Local de Taller).

El taller se dedicará al mantenimiento del material móvil:

- Mantenimiento Preventivo de ciclo corto (menos de tres años). El análisis de este mantenimiento a lo largo de los primeros años es la base para el establecimiento del Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Preventivo de ciclo largo (más de tres años), consistente en algunos casos en revisiones modulares o por aparatos, revisiones de fines del ciclo de vida útil u overhaul bien sea de todo el vehículo o de partes del mismo.
- Mantenimiento Correctivo (reparación de anomalías).
- También, habrá una zona destinada a los vehículos auxiliares de mantenimiento y sus equipos para realizar su puesta a punto y revisiones.

En el alcance del patio – taller se incluye el diseño de: Superestructura de vía, Instalaciones ferroviarias, Instalaciones de seguridad, Comunicaciones, Electrificación, el Equipamiento industrial de los talleres

## **PRODUCTOS**

El Proyecto de factibilidad de los patios y talleres consta, como mínimo, de los documentos siguientes:

- Memoria descriptiva y de cálculo de los distintos componentes que forman las instalaciones

- Estudios funcionales. Documento de características funcionales de los patios y talleres. Se incluirá un lay out funcional de la distribución de vías, los espacios específicos, las instalaciones auxiliares necesarias y las conexiones con la línea general y el taller.
- Definición de criterios básicos de diseño.
- Diseño arquitectónico y urbanístico a nivel de factibilidad de los elementos, incluidos imágenes 3D.
- Caracterización y trazado de todas las vías ferroviarias y urbanas.
- Instalaciones. Se confeccionarán las especificaciones técnicas para la construcción de las instalaciones ferroviarias: Instalaciones de seguridad, comunicaciones y electrificación integrables con las especificaciones técnicas de los mismos sistemas en línea, diferenciando las distintas áreas.
- Detalle y descripción todos los equipamientos técnicos necesarios para dotar a los patios y el taller de los recursos necesarios para su funcionamiento.
- Planos de patios y talleres a nivel de factibilidad:
  - Plano índice y de situación general.
  - Plano de conjunto, a escala 1:5000.
  - Planos de vías y esquemas de circulación.
  - Planos de planta, a escala 1:500
  - Trazado: planta, perfiles y secciones
  - Drenaje
  - Túneles y estructuras
  - Patios y talleres: Estado actual, Plano general de implantación urbana, Planos de definición geométrica (plantas, alzados y secciones), Planos de definición de materiales (plantas, alzados y secciones), Estructuras, Instalaciones
  - Instalaciones y equipamientos no ferroviarios
  - Instalaciones ferroviarias
  - Desvíos provisionales
  - Servicios afectados

#### **7.6.16. Gestión RAMS (ET - 15)**

##### **ALCANCE**

Revisión y adaptación de la documentación preexistente relativa a la Gestión de RAMS definida durante el proceso de redacción de “Estudios y Diseños de Ingeniería Básica

Avanzada de la Primera Línea del Metro de Bogotá D.C.”, verificando la adecuación de la misma a los condicionantes surgidos durante el desarrollo de diseño para el Tramo 1.

## **PRODUCTOS**

- Definición de los Criterios de Diseños
- Programa RAM
- Plan de seguridad
- Objetivos RAM
- Objetivos de seguridad
- Desarrollo de los estudios Gestión RAMS

### **7.6.17. Material Rodante (ET - 16)**

#### **ALCANCE**

Definición de los parámetros, requerimientos, especificaciones, datos y normatividad aplicable, necesarios para el diseño y construcción del material rodante para la PLM de la ciudad de Bogotá y poder establecer ofertas comparables para su suministro.

Desarrollo de un pliego de especificaciones técnicas que recoja aquella información que permita a los fabricantes, durante la licitación de material rodante, no solo realizar sus ofertas sino poder presentar soluciones alternativas si fuesen más favorables tales como el ofrecimiento de material rodante en construcción para otros proyectos similares.

## **PRODUCTOS**

- Características de la línea

Datos de: gálibos y perfil longitudinal, características de la vía, suministro de energía, sistemas de señalización y comunicación, y las condiciones ambientales.

- Características generales del servicio

Información sobre: composición de los trenes, aceleraciones y deceleraciones, velocidades, exigencias en modo degradado (averías), y los modos de explotación

- Normativa a aplicar

Detalle de las normativas nacionales e internacionales a aplicar en el proceso de construcción, pruebas y puesta en marcha del material rodante, pudiendo hacerse mención a normas específicas en los distintos capítulos de la propuesta. Se aceptará el uso de normas y procedimientos propios de los fabricantes.

- Características técnicas del material rodante.

Detalle de las características técnicas del material rodante a solicitar a los constructores, para cada uno de los equipos y los sistemas que lo conforman.

Desarrollo de los requisitos para: caja, enganches, bogies y equipos eléctricos, neumáticos y tracción.

Además, se añadirá toda aquella información adicional que se crea necesaria para mejorar el cuaderno de especificaciones: disponibilidad, fiabilidad, garantías, etc.

#### **7.6.18. Redes (ET – 17)**

##### **ALCANCE**

Proveer el diseño a nivel de fase 2 de las redes que sean necesarias reubicar o reponer como consecuencia del desarrollo del viaducto y de las obras complementarias en el espacio público, teniendo en cuenta y de manera complementaria el alcance previsto para el denominado programa de Traslado Anticipado de Redes (TAR).

El propósito del programa TAR es minimizar los riesgos de imprevistos, demoras y sobre costos en la ejecución de las obras principales del viaducto, adelantando el traslado de redes principales o matrices y otros elementos anexos, subterráneas y aéreas, que puedan generar interferencia, dado que por tratarse de prestación de servicios a la comunidad no pueden ser suspendidos hasta tanto exista una solución alternativa operando. Por esta razón, el TAR se enfoca en las redes matrices o principales que se ubican principalmente debajo y sobre los separadores de las avenidas donde se construirá el viaducto. Los siguientes trabajos a desarrollar son:

1. Cuantificación y valoración de redes a trasladar (longitud de interferencia, de traslado y de diseño)
2. Convenios Interadministrativos con cada Empresa.
3. Contratación y elaboración de diseños
4. Contratación y ejecución de obras

Revisar la totalidad de la información obtenida con el fin de validar o no la conveniencia de la misma como insumo primario, la validez de la información debe estar sustentada adecuadamente.

Realizar los estudios preliminares y factibilidad de las redes hidráulicas y establecerá los requerimientos técnicos y diseños a nivel de factibilidad para perfeccionamiento del diseño basado en información primaria recolectada previamente, dando cumplimiento a la Ley de Infraestructura N° 1682 de 2013 y a la Normatividad Técnica vigente, considerando las conclusiones y recomendaciones relacionadas por la interventoría y la empresa Metro Bogotá

Elaborar los planos que incorporen el conjunto de la información técnica de las redes y el informe técnico por obra describiendo las actividades desarrolladas, la información recopilada con sus respectivos análisis, evaluaciones, conceptos y procesamientos técnicos de la información capturada.

Presentar la totalidad de las alternativas analizadas para la solución de interferencias generadas sobre la infraestructura de redes de alcantarillado, haciendo una descripción general de cada una incluyendo las conclusiones y recomendaciones técnicas más importantes que hayan permitido la selección de la más adecuada.

Para la alternativa seleccionada, el presentar el prediseño de las obras de drenaje vial y de espacio público, protección y/o traslado de redes.

Respecto a las redes del programa TAR en el anexo 7 se incluyen las certificaciones de factibilidad emitidas por las respectivas empresas prestadoras de servicios, así:

- Redes de acueducto y alcantarillado.  
Comunicación 25400-2017-1943 del 15.08.2017 de la EMPRESA DE ACUEDUCTO DE BOGOTÁ.
- Redes de alta tensión de energía.  
Comunicación del 17.08.2017 de la Empresa CODENSA.
- Redes de acero de gas natural.  
Comunicación 10150970-038-2017 del 15.08.2017 de la Empresa GAS NATURAL FENOSA.

## **PRODUCTOS**

- Informe y planos preliminares de investigación de redes con la descripción de la infraestructura existente
- Informe y planos preliminares de análisis de alternativas
- Presupuesto y Cantidades de obra estimadas

### **7.6.19. Urbanismo y paisajismo (ET - 18)**

#### **ALCANCE**

- El diseño a nivel de factibilidad o Fase II del urbanismo, espacio público y paisajismo de la PLMB. Propuesta urbana a lo largo del viaducto del metro, cubriendo la totalidad del corredor entre paramentos. En las vías aferentes al corredor principal, el diseño cubre las aceras hasta el frente del segundo predio, inclusive.
- Proyección de todos los espacios públicos aferentes al corredor que se encuentren en el perímetro de intervención.
- Además, generación de propuestas de intervención alrededor de cada una de las 16 estaciones en un radio de 300 metros de acuerdo a los resultados de los análisis de accesibilidad para cada estación

realizados en el marco del estudio de tránsito. Estas propuestas incluyen la ampliación del espacio peatonal, peatonalización de calzadas o su conversión a bicarriles, pasos de tipo pompeyano y, en general, medidas a favor de los peatones y biciusuarios que se relacionen con el Metro. Estas propuestas se plantean a nivel de esquema básico para cada estación a Escala 1:1000.

## **PRODUCTO**

**Ámbito y delimitación:** Localización general georreferenciada a escala legible que permita identificar claramente la localización del viaducto y de las estaciones, el perímetro de intervención y las áreas de influencia directa e indirecta (1 Pliego)

Identificación de los proyectos de infraestructura, transporte y/o transporte públicos y privados actualmente en diseño y en trámite en las instituciones distritales, que tengan implicaciones en el área de influencia directa del proyecto. (1 o más pliegos en función del ámbito de los proyectos)

Identificación de la normativa vigente aplicable en el marco del proyecto.

### **CONECTIVIDAD:**

- Propuesta de conectividad peatonal segura y eficiente, en ciclo rutas y bici carriles, señalización preliminar y obras mínimas con el objeto de lograr la conectividad peatonal y las conectividades entre ciclo rutas y/o bici carriles existentes o proyectados. Incluir requerimientos y especificaciones mínimas de diseño para el manejo de rampas, superficies y todos aquellos elementos de mobiliario y señalización asociados al tema.

### **INTERMODALIDAD:**

- Identificación y manejo de los modos de transporte, y sus equipamientos SITP (paraderos, estaciones, portales Transmilenio, intercambiadores, bicibarqueaderos, puntos de encuentro, etc.) y su articulación con los espacios públicos adjuntos existentes y los espacios públicos propuestos por el proyecto, generando circuitos peatonales y elementos arquitectónicos que faciliten el acceso a las estaciones desde las zonas de influencia, aumentando las secciones de los andenes con mayor demanda de uso frente a las estaciones, generando plazas y plazoletas de encuentro con áreas generosas, acordes al número de usuarios de la(s) estación(es), generando senderos peatonales, ciclo rutas y zonas verdes frente a las estaciones, realizando el diseño paisajístico del proyecto, diseñar y ubicar lugares cómodos de espera sobre los andenes con mayor demanda de uso, de igual forma incorporar elementos de protección para las alamedas peatonales, disponer espacios de encuentro sobre la red de alamedas y senderos peatonales, proponer diseño coherente y sostenible en términos de mantenimiento, establecer los criterios y elementos de diseño que permitan un manejo integral de las esquinas, intersecciones, pasos semaforizados y pompeyanos.

#### **MOBILIARIO:**

- Prever disposición de mobiliario urbano especificando criterios de ubicación y selección del mobiliario propuesto en función a los usos esperados sobre los nuevos espacios públicos y en especial el mobiliario cercano a los paraderos y estaciones.

#### **ARMONIZACIÓN CON SERVICIOS PÚBLICOS:**

- Coordinación del diseño en general con tapas de cajas de redes de infraestructura y demás elementos.
- MANEJO: Establecimiento de criterios y elementos de diseño que permitan un manejo integral de las esquinas, intersecciones, pasos semaforizados y pompeyanos. Igualmente se deben establecer accesos a predios, tratamientos de antejardines y tratamiento de culatas, con el fin de prever espacios públicos iluminados, seguros, limpios.

**PROPUESTAS GENERALES PARA EL MANEJO DE ESPACIOS REMANENTES Y CULATAS**, donde se especifiquen los criterios para el tratamiento de espacios remanentes, entre ellos la disposición de plazoletas, zonas verdes, amoblamiento, zonas duras, esquemas de obras requeridas para el manejo de culatas (por ej. muros verdes o regularización de culatas evitando la aparición de espacios residuales).

#### **LINEAMIENTOS PARA LOS ACCESOS A PREDIOS,**

- Lineamientos mediante esquemas para los accesos a predios, tratamientos de antejardines y tratamiento de culatas.

#### **PROPUESTA PAISAJÍSTICA,**

- A partir del diagnóstico del componente ambiental, especificación de la localización de las especies recomendadas, distribución y/o traslado de árboles, manejo de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), etc., los cuales deben ser representados mediante esquemas o plantas arquitectónicas, fotos o render que permitan entender el criterio general y beneficios paisajísticos, incluyendo conceptos de inter-distancias, porte de arborización, manejo de sombras, entre otros: ruido, sombra, seguridad, protección de zonas blandas, características técnicas de la especie, cantidades, diagnóstico del manejo silvicultural del arbolado existente, planimetría para presentar a jardín botánico.

### **7.6.20. Ambiental (ET - 19)**

#### **ALCANCE**

- Inventario forestal del 100% con la respectiva marcación en campo y la georreferenciación de los individuos vegetales dentro del área de influencia directa del proyecto (Incluye planos a escala adecuada con la ubicación de los individuos vegetales, donde se pueda determinar su afectación de acuerdo con el diseño

geométrico del proyecto, memoria técnica y formatos exigidos por la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA).

- Identificación de importancia ambiental, cultural y patrimonial de los individuos, así como determinación de especies en veda dentro del corredor a intervenir, y apoyo en trámite de permisos ante la SDA.
- Elaboración de planos a escala adecuada donde se localicen los individuos.
- Identificación, descripción, cuantificación y georreferenciación de las zonas verdes y blandas susceptibles de afectación por el proyecto con el fin de validar las medidas de compensación, de acuerdo con la normatividad vigente.
- Determinación de la afectación del proyecto sobre la Estructura ecológica principal (EPP) y determinación de las medidas a implementar de acuerdo con la normatividad vigente.
- Diseño urbano y paisajístico del proyecto, utilizando la información del inventario forestal, para incorporar la mayor cantidad de individuos vegetales, así como propuesta de especies que se adecuen a las condiciones del trazado
- Caracterización de especies faunística de la zona de proyecto y relación con el ecosistema urbano (relaciones con el ambiente) vulnerabilidad.
- Plan de manejo de avifauna proyectado para la etapa de construcción

## **PRODUCTO**

- Metodología detallada para el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental.
- Cronograma detallado de las actividades.
- Estudio de Impacto Ambiental. Actualizar, complementar y ajustar los estudios de impacto medioambiental y social, incluyendo en el diseño las medidas de mitigación o correctivas que de éstos se deriven.
- Determinar la afectación del proyecto sobre la Estructura ecológica principal (EPP)

Inventario forestal:

- Formulario de recolección de información silvicultural por individuo
- Ficha técnica de registro

Inventario de zonas verdes

- (Resolución Conjunta 073 de 2017 y Resoluciones conjuntas 456 de 2014 y 3050 de 2014.

Diseño paisajístico

Caracterización Biótica (Fauna) en la zona de proyecto

Plan de Manejo de AviFauna



## 7.6.21. Social (ET - 20)

### **ALCANCE**

Propuesta metodológica y un cronograma articulado las fechas de entrega de productos urbanísticos, paisajísticos, predial y espacio público. La metodología debe responder al qué, el cómo, el con qué, con quién, cuándo y responsables de las actividades.

El área de influencia social (directa e indirecta) delimita el ámbito geográfico en el cual se efectuó el estudio. Sirve de base para identificar las características sociales preexistentes.

Realización y clasificación del directorio institucional y de actores sociales en el siguiente orden: Administrativo, comunicacionales, equipamientos colectivos, comerciales, organizaciones sociales, organizaciones culturales.

### **Actividades de Gestión Social con la Comunidad**

- Programas con población beneficiada del proyecto.
  - Los volantes de inicio durante el primer mes de la etapa de estudios y diseños.
  - Los volantes y plegables cada vez que se produzca información relevante del proyecto según la interventoría, el IDU o la empresa Metro.
  - Distribución de aproximadamente (1.500) afiches informativos con el fin de fortalecer el ejercicio de divulgación.
  - Convocatoria a las reuniones a través de llamadas telefónicas, cartas, volantes, correos electrónicos y/o afiches de invitación, entregadas predio a predio, en las sedes de empresas de las entidades locales, organizaciones cívicas, sociales y comunitarias, comités de planeación y participación entre otros.
  - Los puntos de información son equipamientos urbanos o puntos de encuentro ciudadano ubicados en los diferentes sitios del área de influencia del corredor, los cuales tienen como función difundir, por medio de volantes, convocatorias y afiches, la información acerca de los estudios y diseños del proyecto a la comunidad. La selección de estos puntos deberá realizarse al mes de inicio de los Estudios y Diseños.
  - Definición de medios locales para apoyo en la divulgación de piezas.
- Programa de participación y servicio a la ciudadanía
  - Ocho (8) comités ciudadanos
  - Cuatro (4) reuniones de inicio a lo largo del proyecto

### **PRODUCTOS**

- Propuesta Metodológica y Cronograma.
- Documento sobre identificación y/o actualización del área de influencia social y planos de georreferenciación.
- Directorio y mapa actualizado de instituciones, equipamientos y actores sociales (georreferenciados).

#### **7.6.22. Estimación de los costos de inversión - CAPEX (ET - 21)**

##### **ALCANCE**

Cálculo de cantidades de obra de todos los componentes del proyecto y el correspondiente presupuesto y análisis de precios unitarios, desagregando en costos de diseño, suministro, construcción (obras civiles), transporte, seguros, nacionalización, montaje, instalación, pruebas, capacitación y puesta en marcha.

Estimación de costos de la implantación del plan de manejo ambiental y gestión social, estimados por el Consultor de acuerdo con el alcance indicado en sus respectivas especificaciones técnicas.

Estimación de costos de la interventoría y la gerencia de obra.

Presupuesto para la ejecución de los estudios y diseños de detalle de la infraestructura para el desarrollo de las obras y actividades de construcción, instalación, pruebas y puesta en servicio de la Primera Línea de Metro de Bogotá y obras complementarias, incluido el material móvil necesario para la explotación. Además, deberá incluir todos los materiales y vehículos necesarios para el mantenimiento.

El presupuesto presentado en una matriz presupuestal donde se reflejan las cantidades de obra y precios unitarios en costo directo, afectados por el A.I.U (Administración, Imprevistos y Utilidad) al final de la misma.

El presupuesto presentado en Dólares de los Estados Unidos y Pesos Colombianos. El costo del material y equipo importado se podrá calcular en Dólares, mientras que los costos de obra civil y en general todas las actividades susceptibles de realizarse con materiales, mano de obra y equipos disponibles en Colombia se representarán en Pesos Colombianos.

##### **PRODUCTO**

- Memorias de cálculo
  - Cálculo de las cantidades de obra para cada una de las actividades de obra contenidas en el presupuesto, soportadas con esquemas y planos que indiquen y soporten dimensiones y despieces aproximados de cada ítem o actividad.
- Elaboración de los presupuestos de obra o Matriz Presupuestal de Actividades de obra y Elaboración de los análisis de precios unitarios APU
  - Matriz de precios de materiales
  - Matriz de jornales

- Matriz de precios auxiliares (descompuesto o sub-análisis)
  - Matriz de precios de herramientas y equipos
  - Matriz de precios de Transportes de materiales (Insumos), de sobrantes y Escombreras oficiales que cumplan con la normatividad Ambiental y debidamente clasificados por tipo de material (lodos, pétreos, demoliciones, etc)
- Cuadro de cantidades Que cuenten como mínimo con los siguientes aspectos
    - Memorias de cálculo.
    - Especificaciones Técnicas Generales y particulares de construcción, claramente definidas y completamente referenciadas, tanto en los planos como en las memorias de cálculo, de los ítems de obra especificados para cada actividad.
    - Planos y memorias, con las áreas y volúmenes de las secciones de cortes/rellenos, excavaciones etc.
    - Planos, que incluyen la definición geométrica de todos los elementos a ejecutar, así como una descripción que permita cuantificar y caracterizar éstos y los suministros a contratar.

- ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Elaboración de los APU´s teniendo en cuenta:

- Que estén de acuerdo con los ítems de pago de las especificaciones generales y particulares, y la correlación a la matriz presupuestal y su respectiva codificación numérica, que permita una identificación clara del precio unitario, con la especificación y a su vez con la matriz de cantidades de obra del presupuesto general total.
- Las condiciones de la región frente a mano de obra, materiales de construcción y demás aspectos que puedan influir en el costo final de los precios unitarios.
- Los precios de los materiales deben corresponder a valores actualizados a la presentación del producto presupuestal.
- Los precios de los materiales deben corresponder a valores en el sitio de colocación incluyendo todos los fletes, desagregados en costos de suministro y transporte según su origen con respecto a la obra.

- PRESUPUESTO

El presupuesto estructurado con base en los siguientes requisitos.

- Se dividirá en tres secciones:
  - Sección 1: Obra Civil

- Sección 2: Instalaciones y Equipos
  - Sección 3: Material Rodante
  - Otros: Componente social y ambiental
  - Cada sección está organizada en capítulos, subcapítulos e ítems.
  - El presupuesto con un programa Software especializado, acorde con la magnitud e importancia del proyecto y que garantice su correcto funcionamiento y aplicación en el tema de obras.
- ESTIMACIÓN CAPEX A AGOSTO 15 DE 2017

De acuerdo con los trabajos de campo realizados, los criterios y parámetros de diseño establecidos para la infraestructura y los sistemas y subsistemas ferroviarios, y el avance de los diseños a nivel de factibilidad adelantados por el Consorcio METRO BOG, este Consultor ha elaborado el capex del proyecto. Dentro de esta estimación se han incluidos los costos de la gestión predial y el programa de traslado anticipado de redes (TAR) que fueron suministrados por la Empresa Metro de Bogotá.

En el anexo 8 de este documento se incluyen el informe técnico detallado que describe la metodología y los criterios definidos para la estimación del capex. Las cuales se resumen en los siguientes aspectos:

- La estructura del CAPEX se ha dividido en cinco grandes secciones: obra civil, sistemas ferroviarios, material rodante, traslado anticipado de redes y predios, y otros costos (gerencia PMO e interventoría). A su vez estas secciones se han subdividido en otros elementos asociados principalmente al tipo de obras involucradas en cada sección.
- Las cantidades de obra han sido evaluadas para cada sección de acuerdo con el avance de los diseños y se encuentra soportadas por el modelo BIM (*Building Information Modeling*), memorías de cálculo de diseños estructuradas sobre hojas de cálculo y modelos de CAD y en menor medida para los componentes con menor porcentaje de definición en índices de construcción e información referencial de proyectos de similares características.
- Los costos presentados por cada sección están conformados y presentados en costos directos y costos indirectos. Entendidos los costos directos como los materiales, equipos, herramientas, transportes, mano de obra y suministros necesarios para ejecutar las distintas actividades requeridas para la construcción de las obras. Los costos indirectos incluye el personal de control y supervisión, dirección, impuestos, garantías, gastos administrativos imprevistos y utilidades del contratista constructor.

- En el caso de los equipos y material importado se han considerado los costos asociados con los seguros y transporte internacional, gastos aduaneros, aranceles (donde aplica), IVA, transporte nacional y seguros locales hasta el sitio de instalación o montaje.
- Adicionalmente, se incluye dentro del consolidado del CAPEX los costos de la adquisición de predios desarrollado por terceros y suministrada por la EMB, así como los costos del TAR, redes secundarias y redes de TICs. Finalmente se presenta el CAPEX consolidado del proyecto.

En la siguiente tabla se presenta el Capex del proyecto discriminado por componentes.

### CAPEX DEL TRAMO 1 DEL PROYECTO PLMB

(Cifras en Pesos de Enero 31 de 2017)

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	TOTAL (COP)
Componente obra civil	Obras civiles	943,606,501,972
	Estructuras	2,430,766,796,864
	Estaciones	1,076,532,784,784
	Patio y talleres	351,658,047,345
	Superestructura de vía	25,913,650,514
	Puesto central de control	8,629,500,000
	Sistema de alimentación eléctrica	8,802,090,000
	Interferencia con redes de servicios - redes menores	28,106,297,114
	Otros costos	325,181,222,583
	<b>COSTO DIRECTO OBRAS CIVILES</b>	<b>5,199,196,891,178</b>
	AIU	1,481,771,113,986
	IVA SOBRE UTILIDAD	39,513,896,373
	<b>Total con AIU e IVA</b>	<b>6,720,481,901,536</b>
Componente sistemas ferroviarios	Patio y talleres	128,047,065,069
	Superestructura de vía	377,743,720,200
	Puesto central de control	43,187,928,690

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	TOTAL (COP)
	Sistema de alimentación eléctrica	282,281,398,298
	Señalización y control de trenes	350,292,900,000
	Sistema de puertas de andén	286,937,322,030
	Sistemas de comunicaciones - billeteaje	214,416,890,960
	<b>COSTO DIRECTO SISTEMAS FERROVIARIOS</b>	<b>1,682,907,225,247</b>
	AIU	274,313,877,715
	<b>Total con AIU</b>	<b>1,957,221,102,962</b>
Componente material rodante	Material rodante	1,273,711,573,260
	<b>COSTO DIRECTO MATERIAL RODANTE</b>	<b>1,273,711,573,260</b>
	AIU	207,614,986,441
	<b>Total con AIU</b>	<b>1,481,326,559,701</b>
Componente TAR y predios	TAR	282,719,762,463
	Predial	1,715,215,079,807
	<b>COSTO DIRECTO PREDIAL Y TAR</b>	<b>1,997,934,842,270</b>
	Gestión predial (AIU)	28,250,000,000
	<b>Total costos predial y TAR</b>	<b>2,026,184,842,270</b>
Componente otros costos	Otros costos	355,566,034,747
	<b>Total otros costos</b>	<b>355,566,034,747</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>		<b>12,540,780,441,218</b>

Este Capex podrá tener algunos ajustes en la medida que los planos de diseño se vayan terminando, de acuerdo con el alcance y descripción de los entregables indicados en este informe. Sin embargo se considera que la variación puede tender a la baja, dado que se han usado cálculos conservadores.

Asimismo, esta suma incluye el monto estimado previsible por el de nivel de certidumbre de los estudios (Fase 2), que totalizan \$1,222,334,506,923, y un valor estimado de \$76,791,431,598 correspondientes a la reposición de equipos y sistemas.

El CAPEX del Tramo 1 del Proyecto PLMB estimado en la tabla anterior ajustado por: (i) re-expresarlo en Pesos de diciembre 31 de 2016; (ii) Reconocer un ajuste por la inclusión de una cobertura cambiaria del componentes importado, y (iii) excluir los componentes que preliminarmente se han definido como no elegibles de cofinanciación, a saber, predios complementarios para las estaciones integrales y capacitaciones de sistemas y material rodante, asciende a la suma de \$12,435,418 millones de Pesos.

### **7.6.23. Programa de obra y flujo de inversiones (ET - 22)**

#### **ALCANCE**

- Programa de obra por tramos, identificando la ruta crítica, que comprenda los principales componentes del sistema: diseño de detalle (incluyendo tiempos de aprobaciones y trámites); obras civiles desagregando: relocalización de redes, montaje de parques de prefabricación, fabricación de vigas, fundaciones, columnas y dinteles, montaje de vigas, estaciones elevadas, urbanismo; obras complementarias principales (puentes vehiculares, troncales de Transmilenio afectadas, etc.); patio y taller; PCC; sistemas electromecánicos férreos (fabricación y montajes), material rodante (fabricación, transporte); pruebas individuales y de conjunto, capacitación y puesta en marcha.
- El programa debe reflejar adecuadamente las interfaces entre la obra civil y los diferentes sistemas férreos.
- Programa en un Software especializado (PDM), acorde con la magnitud e importancia del proyecto y que garantice su correcto funcionamiento y aplicación en el tema de obras.
- Programa fundamentado en un plan básico de ejecución de obras que considere los frentes de trabajo necesarios, rendimientos básicos de las actividades críticas y principales, las precedencias e interfaces, el condicionamiento externo de frentes de obra generados por otros proyectos que se adelanten simultáneamente en la ciudad tales como troncales de Transmilenio, especialmente la del corredor de la carrera séptima.
- Flujo de inversiones mensual, que acompañe el programa de obra de acuerdo con los costos de inversión.

#### **PRODUCTO**

- Plan básico de ejecución y planteamiento de escenarios de ejecución del proyecto (indicando las premisas utilizadas)
- Programa de obra varios los diferentes escenarios estudiados, incluyendo desagregación de las actividades principales de la obra civil y la fabricación de equipos y componentes, montajes, pruebas individuales y de conjunto, puesta en marcha. Incluyendo la fase de diseño detallado con tiempos de aprobaciones y tramites.

- Ruta crítica
- Rendimientos básicos utilizados como referentes para determinar las duraciones de las actividades principales y críticas.
- Plan de inversiones (mensual) para cada escenario
- Comparación de escenarios, ventajas y desventajas e impacto en plazo y costo.
- Soportes técnicos y anexos elaborados.

De acuerdo al avance en los diseños a nivel de factibilidad a fecha del 25 de agosto de 2017, en el Anexo 10 de este documento se presenta el cronograma estimado de obra del Tramo 1 de la PLMB. Igualmente a continuación se muestra el flujo de inversiones asociado al Capex y programa de obra.

Año	mes	Total Mill. COP	Total Acumulado Mill. COP
Año 1	1	151,560	151,560
	2	151,560	303,120
	3	181,731	484,852
	4	181,731	666,583
	5	181,731	848,314
	6	181,731	1,030,045
	7	181,731	1,211,777
	8	186,036	1,397,812
	9	186,036	1,583,848
	10	186,036	1,769,884
	11	186,036	1,955,920
	12	186,036	2,141,956
Año 2	13	205,559	2,347,516
	14	140,977	2,488,492
	15	186,463	2,674,956
	16	77,255	2,752,211
	17	77,255	2,829,466
	18	83,628	2,913,094
	19	83,628	2,996,722
	20	83,628	3,080,351
	21	83,628	3,163,979
	22	148,806	3,312,785
	23	148,806	3,461,592
	24	160,880	3,622,471



Año	mes	Total Mill. COP	Total Acumulado Mill. COP
Año 3	25	220,088	3,842,559
	26	210,210	4,052,770
	27	221,328	4,274,097
	28	195,595	4,469,692
	29	197,511	4,667,203
	30	212,408	4,879,611
	31	224,890	5,104,501
	32	205,367	5,309,868
	33	209,473	5,519,341
	34	218,668	5,738,009
	35	225,924	5,963,932
	36	222,607	6,186,539
Año 4	37	230,397	6,416,936
	38	260,375	6,677,311
	39	268,492	6,945,803
	40	664,391	7,610,194
	41	273,311	7,883,505
	42	273,311	8,156,816
	43	259,679	8,416,495
	44	251,603	8,668,098
	45	254,517	8,922,615
	46	254,517	9,177,132
	47	276,157	9,453,289
	48	277,399	9,730,689
Año 5	49	288,855	10,019,544
	50	263,762	10,283,306
	51	263,762	10,547,068
	52	255,645	10,802,713
	53	237,662	11,040,376
	54	213,514	11,253,890
	55	143,571	11,397,461
	56	94,650	11,492,111
	57	89,384	11,581,494
	58	78,144	11,659,639
	59	78,144	11,737,783
	60	87,517	11,825,300
Año 6	61	73,889	11,899,189

Año	mes	Total Mill. COP	Total Acumulado Mill. COP
	62	54,662	11,953,851
	63	86,075	12,039,926
	64	206,386	12,246,312
	65	46,403	12,292,714
	66	248,066	12,540,780

#### 7.6.24. Costos de operación y mantenimiento - OPEX (ET - 23)

##### ALCANCE

Estimación de costos a partir del diseño operacional de la PLMB resultante del diseño básico de la misma. Esto en cuanto al servicio (horario), trenes (tipo de trenes y su gálibo, frecuencia de trenes, longitud de un tren y número de coches por tren, etc.), estaciones (distancia entre estaciones, longitud de la estación, ascensores y/o escaleras mecánicas, grado de automatización de la estación, etc.), vías (tipo de fijación de la vía, ancho de vía, maniobras final de línea, etc.), y otros (seguridad, comunicaciones, energía).

Los costos de operación y mantenimiento comprenden los costos directos de la actividad sin los costos de infraestructura (que dependerán del esquema final de gestión) ni los costos financieros y las amortizaciones. En el ejercicio de modelación financiera, para la vida útil del proyecto, se deberán incluir los costos de reposición de equipos.

- **MODELO OPERATIVO**

Con la definición del trazado y el número de estaciones, y con la demanda prevista, el modelo operativo con conducción automática (UTO).

- **PERSONAL DE OPERACIÓN**

Tomando una hipótesis inicial con base en el horario de operación; considerando que las horas que faltan para completar el día laboral se destinarán a la revisión y mantenimiento de las instalaciones fijas; las horas de trabajo anuales de un empleado de metro en Colombia se ajustan a las leyes Laborales Vigentes; y tomando como referencia las horas de trabajo anuales de los empleados del Metro de Medellín, se establecieron datos estadísticos que permitieron ajustar los costos si se ajustan los anteriores parámetros.

Todos los grupos de operación formarán un departamento de operación que estará apoyado por servicios auxiliares: control de personal, planificación y confección de horarios, gestión de la recaudación, etc.

Los grupos de operación se reúnen en las siguientes clases:

- Mandos
- Conductores

- Atención al cliente
- Limpieza
- Seguridad
- Centro de Control

- PERSONAL DE MANTENIMIENTO

La función de mantenimiento debe asegurar la máxima disponibilidad de las instalaciones y los equipos para la explotación normal de la línea. Además, debe adecuarse a los horarios de servicio para asegurar la seguridad del personal y del material durante la aplicación de los procedimientos de mantenimiento.

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento infraestructuras
- Suministros

- ENERGÍA

La energía es el segundo costo más importante después del de personal en una explotación ferroviaria. Existen dos grandes grupos de consumo: alta tensión para la circulación de trenes y baja tensión para suministro a estaciones, talleres y resto de dependencias.

Para el cálculo de los costos de energía en alta tensión se tuvieron en cuenta la distribución de las subcentrales a lo largo de la línea potencia, la potencia de cada subcentral, los consumos en función del plan de explotación y las opciones de recuperación de energía del sistema.

Para el cálculo de los costos de energía en baja tensión se tuvieron en cuenta la potencia a contratar y el consumo estimado para cada estación o grupo de estaciones, talleres y otras instalaciones del explotador.

También se pueden considerar otras formas de suministro y compra de la energía de acuerdo con las circunstancias particulares de Colombia y las mejores condiciones para el Metro. Una vez conocidas las diferentes alternativas, se analizarán buscando la solución más interesante desde el punto de vista de implantación y coste del suministro.

- ESTIMACIÓN OPEX A AGOSTO 25 DE 2017

Con el propósito de dar una estimación, a nivel de factibilidad de los costos de operación y mantenimiento durante la primera fase de la línea 1 del metro de Bogotá que va de 2023 hasta 2052, el Consorcio Metro Bog ha elaborado el informe técnico denominado **“EVALUACIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO - DOCUMENTO N° ETPLMB-ET23-L00-PRE-W-0002\_RC”**. Este informe técnico se incluye como anexo 9 de este documento.

La presente estimación de Opex se apoya principalmente sobre el plan de operación preliminar que describe la organización propuesta de la empresa de operación del metro de Bogotá y el plan de mantenimiento preliminar que propone una organización del mantenimiento.

Las hipótesis para la realización de esta estimación son:

- Los salarios son estimados según aquellos tomados en el estudio precedente, aplicando los indicadores de inflación publicados.
- Los costos de operación se definen con base en la estructura descrita en el POP (Plan de Operaciones Preliminar) la cual define: direcciones de departamentos, soporte administrativo, personal de estaciones, personal del PCC, etc.
- Los costos de mantenimiento se definen con base en la organización del mantenimiento descrita en el PMP (Plan de mantenimiento Preliminar)
- Se incluyen una estimación de los costos de la seguridad física.
- Los costos del billeteaje son estimados globalmente, no son detallados en este documento;
- Se estima el consumo de agua para el funcionamiento y la limpieza del metro.
- Se toma en cuenta el costo de los asistentes a bordo de los trenes al inicio de la operación.
- Se toma en cuenta las pólizas de seguros.
- Se ha integrado un 10% sobre el valor anual del OPEX, para utilidades de la empresa operadora

Se ha considerado un 5% adicional como imprevistos

## TABLA RESUMEN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CÁLCULO DEL COSTO DEL TREN\*KILOMETRO

Parte 1 de 2

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA</b>	57,577	60,351	63,267	66,333	69,557	72,949	76,518	80,376	84,330	88,492	92,874	97,489	102,350	107,474	112,874
<b>SEÑALIZACIÓN</b>															
Costos de Personal	691	729	770	812	858	905	955	1,008	1,064	1,123	1,186	1,251	1,321	1,394	1,472
Costos de Mantenimiento	413	426	439	453	467	481	496	512	528	544	561	578	596	615	634
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TELECOMUNICACIONES</b>															
Costos de Personal	1,363	1,439	1,519	1,603	1,692	1,786	1,886	1,990	2,101	2,218	2,341	2,471	2,609	2,754	2,907
Costos de Mantenimiento	778	802	827	852	879	906	934	963	993	1,023	1,055	1,088	1,122	1,156	1,192
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>VÍA FÉRREA</b>															
Costos de Personal	1,322	1,395	1,473	1,554	1,640	1,731	1,827	1,929	2,036	2,148	2,268	2,394	2,526	2,667	2,815
Costos de Mantenimiento	453	467	482	497	512	528	545	666	687	708	730	752	776	800	825
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>VIADUCTO</b>															
Costos de Personal	990	1,045	1,102	1,163	1,228	1,295	1,367	1,443	1,522	1,607	1,696	1,789	1,889	1,993	2,104
Costos de Mantenimiento	171	177	182	188	194	200	206	212	219	226	233	240	247	255	263
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>ESTACIONES</b>															

Carrera 7 N.º 71 – 52 - Torre B - Piso 6 • Bogotá D.C. - Colombia  
 Tel.: (57 1) 326 4999 • Fax: (57 1) 312 2161  
 Entidad vinculada al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

Parte 1 de 2

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Costos de Personal	17,918	18,916	19,970	21,082	22,257	23,497	24,806	26,189	27,649	29,190	30,817	32,536	34,350	36,266	38,289
Costos de Mantenimiento	8,594	8,881	9,176	9,482	9,799	10,126	10,465	10,815	11,177	11,551	11,939	12,340	12,754	13,183	13,627
Costos de Operación	4,342	4,477	4,616	4,759	4,906	5,058	5,215	5,377	5,544	5,715	5,893	6,075	6,264	6,458	6,658
<b>PCC</b>															
Costos de Personal	3,087	3,259	3,441	3,633	3,835	4,049	4,275	4,514	4,766	5,032	5,313	5,609	5,922	6,253	6,602
Costos de Mantenimiento	88	90	93	96	99	102	105	109	112	115	119	123	127	130	135
Costos de Operación	214	221	227	235	242	249	257	265	273	282	290	299	309	318	328
<b>PATIO-TALLER</b>															
Costos de Personal	1,662	1,753	1,850	1,952	2,060	2,174	2,294	2,421	2,554	2,696	2,845	3,002	3,168	3,344	3,529
Costos de Mantenimiento	1,249	1,298	1,351	1,408	1,469	1,535	1,607	1,685	1,771	1,866	1,971	2,088	2,219	2,366	2,532
Costos de Operación	1,983	2,044	2,108	2,173	2,240	2,310	2,382	2,455	2,531	2,610	2,691	2,774	2,860	2,949	3,040
<b>SEGURIDAD FÍSICA</b>															
Costos de Personal	4,615	4,870	5,139	5,423	5,722	6,038	6,372	6,722	7,092	7,482	7,894	8,328	8,786	9,269	9,779
Costos de Mantenimiento															
Costos de Operación															
<b>SUMINISTRO ELÉCTRICO</b>															
Costos de Personal	2,561	2,702	2,852	3,010	3,176	3,352	3,538	3,734	3,941	4,159	4,390	4,633	4,890	5,162	5,448
Costos de Mantenimiento	172	178	183	189	195	201	207	213	220	227	234	241	249	256	264
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>GESTIÓN MANTENIMIENTO INSTALACIONES FÍSICAS</b>															
Costos de Personal	4,909	5,180	5,467	5,769	6,087	6,424	6,779	7,154	7,550	7,968	8,410	8,875	9,367	9,886	10,434
Costos de Mantenimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Parte 1 de 2

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Costos de Operación								-	-	-	-	-	-	-	-
<b>ENERGÍA</b>	<b>44,577</b>	<b>47,706</b>	<b>49,185</b>	<b>50,710</b>	<b>54,197</b>	<b>65,371</b>	<b>67,398</b>	<b>71,950</b>	<b>74,181</b>	<b>76,480</b>	<b>81,551</b>	<b>84,079</b>	<b>86,686</b>	<b>92,332</b>	<b>95,194</b>
Costo por Consumo (incluyendo fluidos)	43,472	46,567	48,011	49,499	52,948	64,084	66,070	70,582	72,770	75,026	80,052	82,533	85,092	90,688	93,500
Costo por Conexión	1,105	1,139	1,175	1,211	1,249	1,287	1,327	1,368	1,411	1,455	1,500	1,546	1,594	1,643	1,694
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MATERIAL RODANTE</b>	<b>12,539</b>	<b>12,981</b>	<b>13,439</b>	<b>13,915</b>	<b>14,685</b>	<b>25,529</b>	<b>26,220</b>	<b>26,996</b>	<b>27,742</b>	<b>28,517</b>	<b>29,321</b>	<b>30,156</b>	<b>31,022</b>	<b>33,802</b>	<b>34,762</b>
Costos de Personal	3,017	3,184	3,360	3,546	3,743	3,950	4,169	4,400	4,644	4,901	5,173	5,460	5,763	6,083	6,421
Costos de Mantenimiento	8,905	9,160	9,423	9,692	9,970	20,577	21,018	21,472	21,939	22,420	22,916	23,425	23,950	26,369	26,949
Costos de Operación	617	637	656	677	972	1,002	1,033	1,124	1,159	1,195	1,232	1,270	1,310	1,350	1,392
<b>SISTEMA DE RECAUDO</b>	<b>10,152</b>	<b>10,485</b>	<b>10,810</b>	<b>11,137</b>	<b>11,464</b>	<b>11,791</b>	<b>12,118</b>	<b>12,445</b>	<b>12,772</b>	<b>13,099</b>	<b>13,426</b>	<b>13,753</b>	<b>14,080</b>	<b>14,407</b>	<b>14,734</b>
Costos de Personal	1,397	1,467	1,534	1,602	1,670	1,738	1,806	1,874	1,942	2,010	2,078	2,146	2,214	2,282	2,350
Costos de Mantenimiento	8,755	9,018	9,276	9,535	9,794	10,053	10,312	10,571	10,830	11,089	11,348	11,607	11,866	12,125	12,384
Costos de Operación															
Operación Externa															
<b>PÓLIZAS DE SEGUROS</b>	<b>8,036</b>	<b>8,398</b>	<b>8,776</b>	<b>9,171</b>	<b>9,583</b>	<b>10,015</b>	<b>10,465</b>	<b>10,936</b>	<b>11,428</b>	<b>11,943</b>	<b>12,480</b>	<b>13,042</b>	<b>13,628</b>	<b>14,242</b>	<b>14,883</b>
Costos de Operación	8,036	8,398	8,776	9,171	9,583	10,015	10,465	10,936	11,428	11,943	12,480	13,042	13,628	14,242	14,883
<b>SOPORTE ADMINISTRATIVO</b>	<b>16,147</b>	<b>16,995</b>	<b>17,889</b>	<b>18,832</b>	<b>19,825</b>	<b>20,871</b>	<b>21,974</b>	<b>23,137</b>	<b>24,362</b>	<b>25,654</b>	<b>27,015</b>	<b>28,450</b>	<b>29,963</b>	<b>31,558</b>	<b>33,240</b>
Costos de Personal	13,481	14,234	15,030	15,871	16,758	17,696	18,685	19,730	20,834	21,999	23,229	24,528	25,900	27,349	28,878
Costos de Mantenimiento	206	213	219	226	233	240	248	255	263	271	280	289	297	307	316
Costos de Operación	2,460	2,548	2,640	2,735	2,833	2,935	3,041	3,151	3,265	3,384	3,506	3,634	3,766	3,903	4,045
<b>Agua</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>49</b>	<b>54</b>	<b>60</b>	<b>66</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>105</b>	<b>110</b>

Parte 1 de 2

2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15

<b>TOTAL (Millones de COP) (sin Utilidades o imprevistos)</b>	149,069	156,960	163,415	170,152	179,371	206,592	214,763	225,916	234,895	244,269	256,757	267,063	277,830	293,920	305,797
---	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

<b>TOTAL (Millones de COP) (con Utilidades e imprevistos)</b>	171,429	180,504	187,928	195,675	206,277	237,581	246,978	259,803	270,130	280,909	295,270	307,123	319,505	338,008	351,666
---	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

<b>No. Tren*km/año</b>	3,576,726	3,576,726	3,576,726	3,576,726	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184
Costo Tren*km (COP)	47,929	50,466	52,542	54,708	49,217	56,686	58,928	61,988	64,452	67,024	70,450	73,278	76,233	80,647	83,906
Costo Tren*km (USD)	16.25	17.11	17.81	18.54	16.68	19.22	19.98	21.01	21.85	22.72	23.88	24.84	25.84	27.34	28.44
Costo Coche*km (USD)	2.32	2.44	2.54	2.65	2.38	2.75	2.85	3.00	3.12	3.25	3.41	3.55	3.69	3.91	4.06

Parte 2 de 2

2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052
Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30

<b>OPERACION Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA</b>	118,569	124,577	131,086	137,785	144,861	152,338	160,246	168,614	177,474	186,864	196,823	207,395	218,630	230,583	243,315
<b>SEÑALIZACIÓN</b>															
Costos de Personal	1,553	1,640	1,731	1,827	1,928	2,036	2,149	2,268	2,395	2,528	2,668	2,817	2,974	3,139	3,314
Costos de Mantenimiento	653	674	695	716	738	761	785	809	834	860	887	914	942	972	1,002
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TELECOMUNICACIONES</b>															
Costos de Personal	3,069	3,239	3,420	3,610	3,811	4,023	4,247	4,484	4,733	4,997	5,275	5,569	5,879	6,207	6,553
Costos de Mantenimiento	1,229	1,267	1,307	1,347	1,389	1,432	1,476	1,522	1,569	1,618	1,668	1,720	1,773	1,828	1,885



Parte 2 de 2

	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052
	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>VÍA FÉRREA</b>															
Costos de Personal	2,971	3,136	3,310	3,494	3,689	3,894	4,110	4,339	4,580	4,835	5,104	5,388	5,688	6,005	6,339
Costos de Mantenimiento	850	876	1,074	1,107	1,141	1,177	1,213	1,251	1,290	1,330	1,371	1,413	1,457	1,502	1,549
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>VIADUCTO</b>															
Costos de Personal	2,220	2,343	2,473	2,610	2,755	2,908	3,069	3,240	3,420	3,609	3,810	4,022	4,245	4,481	4,730
Costos de Mantenimiento	271	279	288	297	306	316	325	336	346	357	368	379	391	403	416
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>ESTACIONES</b>															
Costos de Personal	40,424	42,679	45,060	47,575	50,229	53,032	55,992	59,117	62,417	65,901	69,580	73,465	77,567	81,898	86,471
Costos de Mantenimiento	14,086	14,560	15,052	15,560	16,086	16,630	17,193	17,776	18,379	19,003	19,649	20,317	21,009	21,725	22,466
Costos de Operación	6,864	7,077	7,297	7,523	7,756	7,996	8,244	8,500	8,763	9,035	9,315	9,604	9,902	10,208	10,525
<b>PCC</b>															
Costos de Personal	6,971	7,360	7,771	8,205	8,663	9,147	9,658	10,197	10,767	11,369	12,004	12,675	13,383	14,131	14,920
Costos de Mantenimiento	139	143	147	152	157	162	167	172	177	183	188	194	200	206	213
Costos de Operación	338	349	360	371	382	394	406	419	432	445	459	473	488	503	519
<b>PATIO-TALLER</b>															
Costos de Personal	3,724	3,931	4,148	4,378	4,621	4,877	5,148	5,433	5,735	6,053	6,389	6,744	7,119	7,514	7,932
Costos de Mantenimiento	2,719	2,932	3,175	3,454	3,773	4,141	4,566	5,058	5,629	6,292	7,066	7,968	9,022	10,255	11,699
Costos de Operación	3,135	3,232	3,332	3,435	3,542	3,652	3,765	3,881	4,002	4,126	4,254	4,386	4,522	4,662	4,806
<b>SEGURIDAD FÍSICA</b>															
Costos de Personal	10,317	10,884	11,483	12,114	12,781	13,484	14,225	15,008	15,833	16,704	17,623	18,592	19,615	20,693	21,831
Costos de Mantenimiento															
Costos de Operación															
<b>SUMINISTRO ELÉCTRICO</b>															

Parte 2 de 2

	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052
	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
Costos de Personal	5,750	6,070	6,407	6,762	7,138	7,534	7,953	8,395	8,862	9,354	9,874	10,423	11,003	11,615	12,261
Costos de Mantenimiento	273	281	290	299	308	317	327	337	348	359	370	381	393	405	418
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>GESTIÓN MANTENIMIENTO INSTALACIONES FÍSICAS</b>															
Costos de Personal	11,012	11,623	12,268	12,948	13,667	14,426	15,226	16,072	16,964	17,907	18,902	19,952	21,061	22,231	23,467
Costos de Mantenimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>ENERGÍA</b>	<b>98,145</b>	<b>104,430</b>	<b>107,667</b>	<b>111,005</b>	<b>118,000</b>	<b>121,658</b>	<b>125,429</b>	<b>133,212</b>	<b>137,341</b>	<b>141,599</b>	<b>150,256</b>	<b>154,914</b>	<b>159,717</b>	<b>169,345</b>	<b>174,595</b>
Costo por Consumo (incluyendo fluidos)	96,398	102,629	105,810	109,091	116,026	119,623	123,331	131,049	135,111	139,300	147,886	152,470	157,197	166,747	171,916
Costo por Conexión	1,747	1,801	1,857	1,914	1,974	2,035	2,098	2,163	2,230	2,299	2,371	2,444	2,520	2,598	2,679
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MATERIAL RODANTE</b>	<b>35,759</b>	<b>36,794</b>	<b>37,870</b>	<b>38,988</b>	<b>40,150</b>	<b>41,357</b>	<b>42,613</b>	<b>43,918</b>	<b>45,276</b>	<b>46,688</b>	<b>48,157</b>	<b>49,685</b>	<b>51,275</b>	<b>52,930</b>	<b>54,653</b>
Costos de Personal	6,777	7,153	7,551	7,970	8,413	8,880	9,374	9,895	10,445	11,025	11,639	12,286	12,969	13,691	14,452
Costos de Mantenimiento	27,546	28,161	28,794	29,445	30,115	30,805	31,515	32,246	32,999	33,773	34,570	35,391	36,235	37,105	37,999
Costos de Operación	1,435	1,480	1,526	1,573	1,622	1,672	1,724	1,777	1,833	1,889	1,948	2,008	2,071	2,135	2,201
<b>SISTEMA DE RECAUDO</b>	<b>15,061</b>	<b>15,388</b>	<b>15,715</b>	<b>16,042</b>	<b>16,369</b>	<b>16,696</b>	<b>17,023</b>	<b>17,350</b>	<b>17,677</b>	<b>18,004</b>	<b>18,331</b>	<b>18,658</b>	<b>18,985</b>	<b>19,312</b>	<b>19,639</b>
Costos de Personal	2,418	2,486	2,554	2,622	2,690	2,758	2,826	2,894	2,962	3,030	3,098	3,166	3,234	3,302	3,370
Costos de Mantenimiento	12,643	12,902	13,161	13,420	13,679	13,938	14,197	14,456	14,715	14,974	15,233	15,492	15,751	16,010	16,269
Costos de Operación															
Operación Externa															
<b>PÓLIZAS DE SEGUROS</b>	<b>15,552</b>	<b>16,252</b>	<b>16,984</b>	<b>17,748</b>	<b>18,547</b>	<b>19,381</b>	<b>20,253</b>	<b>21,165</b>	<b>22,117</b>	<b>23,112</b>	<b>24,152</b>	<b>25,239</b>	<b>26,375</b>	<b>27,562</b>	<b>28,802</b>
Costos de Operación	15,552	16,252	16,984	17,748	18,547	19,381	20,253	21,165	22,117	23,112	24,152	25,239	26,375	27,562	28,802
<b>SOPORTE ADMINISTRATIVO</b>	<b>35,012</b>	<b>36,881</b>	<b>38,852</b>	<b>40,929</b>	<b>43,120</b>	<b>45,430</b>	<b>47,865</b>	<b>50,433</b>	<b>53,142</b>	<b>55,998</b>	<b>59,009</b>	<b>62,185</b>	<b>65,535</b>	<b>69,068</b>	<b>72,793</b>

Parte 2 de 2	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052
	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
Costos de Personal	30,494	32,199	34,000	35,902	37,911	40,031	42,270	44,635	47,132	49,769	52,553	55,493	58,597	61,875	65,337
Costos de Mantenimiento	326	336	347	357	368	380	392	404	416	429	442	456	470	485	500
Costos de Operación	4,193	4,346	4,505	4,670	4,841	5,019	5,203	5,395	5,594	5,800	6,014	6,237	6,468	6,708	6,957
<b>Agua</b>	<b>115</b>	<b>120</b>	<b>125</b>	<b>130</b>	<b>135</b>	<b>140</b>	<b>145</b>	<b>150</b>	<b>155</b>	<b>160</b>	<b>165</b>	<b>170</b>	<b>175</b>	<b>180</b>	<b>185</b>
<b>TOTAL (Millones de COP) (sin Utilidades o imprevistos)</b>	<b>318,214</b>	<b>334,442</b>	<b>348,299</b>	<b>362,627</b>	<b>381,180</b>	<b>397,000</b>	<b>413,575</b>	<b>434,842</b>	<b>453,182</b>	<b>472,424</b>	<b>496,893</b>	<b>518,247</b>	<b>540,692</b>	<b>568,980</b>	<b>593,982</b>

<b>TOTAL (Millones de COP) (con Utilidades e imprevistos)</b>	<b>365,946</b>	<b>384,609</b>	<b>400,544</b>	<b>417,021</b>	<b>438,357</b>	<b>456,550</b>	<b>475,611</b>	<b>500,068</b>	<b>521,159</b>	<b>543,288</b>	<b>571,427</b>	<b>595,984</b>	<b>621,796</b>	<b>654,327</b>	<b>683,079</b>
---	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

<b>No. Tren*km/año</b>	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184	4,191,184
Costo Tren*km (COP)	87,313	91,766	95,568	99,500	104,590	108,931	113,479	119,314	124,347	129,626	136,340	142,199	148,358	156,120	162,980
Costo Tren*km (USD)	29.60	31.11	32.40	33.73	35.45	36.93	38.47	40.45	42.15	43.94	46.22	48.20	50.29	52.92	55.25
Costo Coche*km (USD)	4.23	4.44	4.63	4.82	5.06	5.28	5.50	5.78	6.02	6.28	6.60	6.89	7.18	7.56	7.89

Este Opex podrá tener algunos ajustes en la medida que los diseños se vayan terminando, de acuerdo con el alcance y descripción de los entregables indicados en este informe.

## 7. CONCLUSIONES

A partir de la fecha, los trabajos de consultoría se concentrarán en concluir los diseños de los diferentes componentes del proyecto, descritos en el numeral 6 de este informe, escribir las memorias de cálculo y las especificaciones técnicas generales y particulares y la producción de los planos a nivel de ingeniería Básica (factibilidad).

Las actividades faltantes no alterarán los criterios de diseño, ni tampoco conllevan más investigación o estudios de campo, por lo cual el contenido de este informe permite ampliar la información de forma suficiente sobre el proyecto, permitiendo tomar decisiones respecto a su continuidad.

El estudio de factibilidad que se ha consolidado en este informe, entrega definiciones técnicas de la ingeniería de los diferentes componentes del proyecto, estudio ambiental, social y predial (incluyendo el certificado de presencia o no de comunidades étnicas – Anexo 1) y será la base para definir las recomendaciones y objetivos a tener en cuenta en la Ingeniería de Detalle o Fase 3, que será desarrollada por el contratista ejecutor de las obras y proveedor de los sistemas y material rodante.

La información arqueológica del patio taller un requisito para la apertura del proceso licitatorio, y se espera incorporar en un tiempo máximo de 45 días, para completar el presente informe.

Atendiendo las mejores prácticas a nivel mundial en materia de estudios y diseños de metros, y cumpliendo con lo exigido en las normas y estándares nacionales e internacionales, este estudio de factibilidad del tramo 1 de la PLMB, cumple satisfactoriamente, e incluso supera a lo mínimo requerido, para poder convertirse en la base para un proceso licitatorio, con el que las empresas interesadas puedan hacer una adecuada valoración de las complejidades, riesgos y costos de las inversiones.

## **8. ANEXOS**

Anexo 1: Certificación de presencia o no de grupos étnicos expedido por el Ministerio del Interior.

Anexo 2: Resultados de la modelación de demanda SDM.

Anexo 3: Metodología y plan de recopilación de información complementaria de estudios topográficos.

Anexo 4: Metodología para la elaboración del estudio del tránsito.

Anexo 5: Programa de Investigaciones Geotécnicas Campaña de Reconocimiento

Anexo 6: Documentos para Línea base arqueológico y comunicaciones al ICANH

Anexo 7: Certificaciones de factibilidad de traslado anticipado de redes – Programa TAR

Anexo 8: Estimativo Capex Nivel 3 – Documento ETPLMB-ET21-L00-MCA-W-0001-RC

Anexo 9: Evaluación de los costos de operación y mantenimiento - Documento ETPLMB-ET23-L00-PRE-W-0002\_RC

Anexo 10: Plan de obras