

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

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

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



CONTROL DE CAMBIOS

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Sección Modificada	Observaciones
A	18-02-2022	-	Versión Inicial
B	08-03-2022	Integración de modificaciones solicitadas por la EMB y la Interventoría	-
C	17-05-2022	Todas (Metodología de estimación de costos detallada)	-
D	16-06-2022 22-06-2022	Costos e información financiera	Atención a comentarios a partir de comunicación del Ministerio de Transporte Radicado MT No.: 20222100640101 del 08 de junio, 2022, y radicado MT No. 20222100688681 del 17 de junio, 2022

REVISIÓN Y APROBACIÓN FDN

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

REVISIÓN Y APROBACIÓN

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

TABLA DE CONTENIDO

A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO	7
4. COSTOS DE OPERACIÓN, ADMINISTRACIÓN, MANTENIMIENTO Y MANTENIMIENTO PESADO	7
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE OPERACIÓN	7
4.1.1. Estructura organizacional de la empresa de Operación y Mantenimiento	7
4.1.2. Definición de los cargos y posiciones necesarios para la operación y el mantenimiento	8
4.1.2.1. Personal de dirección	8
4.1.2.1.1. Director de la línea	8
4.1.2.1.2. Director de operación	9
4.1.2.2 Personal de operación	9
4.1.2.2.1. Personal del Centro de Control Operacional (CCO)	9
4.1.2.2.1.1. Jefe del CCO	9
4.1.2.2.1.2. Operador Tráfico Línea	9
4.1.2.2.1.3. Operador Tráfico Cocheras	10
4.1.2.2.1.4. Operador Estación	10
4.1.2.2.1.5. Operador de seguridad	10
4.1.2.2.1.6. Operador de mantenimiento	10
4.1.2.2.2. Personal de las estaciones	11
4.1.2.2.2.1. Jefe de Estaciones	11
4.1.2.2.2.2. Responsable de Estación	11
4.1.2.2.2.3. Asistente de Estación	12
4.1.2.2.2.4. Asistentes en Grupo Móvil	12
4.1.2.2.3. Personal suplementario	12
4.1.2.2.3.1. Control de Seguridad	12
4.1.2.2.3.2. Centro de primeros auxilios	12
4.1.2.2.4. Limpieza de las estaciones	12
4.1.2.4. Personal administrativo y de soporte	14
4.1.2.4.1. Departamento Informático	14
4.1.2.4.2. Recursos Humanos	14
4.1.2.4.3. Ventas y Finanzas	15
4.1.2.4.4. Marketing y Comunicación	15
4.1.2.4.5. Departamento jurídico y de contratos	15
4.1.2.4.6. Capacitación y regulación	16
4.1.2.4.7. Gestión de calidad y auditoría	16
4.1.3. Estimación del personal necesario para la operación y el mantenimiento de la L2MB	16
4.1.3.1. Personal de dirección	16
4.1.3.2. Personal y costos de estación	17

4.1.3.3. Personal y costos del CCO	19
4.1.3.4. Personal y costos administrativos y de soporte	21
4.1.3.5. Personal y costos de la seguridad física	24
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	24
4.2.1. Mantenimiento de la señalización	25
4.2.2. Mantenimiento de las telecomunicaciones	26
4.2.3. Mantenimiento de la vía férrea	26
4.2.4. Mantenimiento del viaducto y del túnel	27
4.2.5. Mantenimiento del patio-taller	28
4.2.6. Mantenimiento de los equipos de suministro eléctrico	30
4.2.7. Mantenimiento de las instalaciones fijas	31
4.2.8. Mantenimiento del material rodante	33
4.3. COSTOS CONTEMPLADOS	34
4.4. HIPÓTESIS PRINCIPALES	34
4.4.1. Hipótesis macroeconómicas	34
4.4.2. Hipótesis salariales	34
4.5. PREVISIONES DE TRÁFICO (DEMANDA) Y KILOMETRAJE ANUAL	35
4.5.1. Previsiones de tráfico (demanda)	35
4.5.2. Kilometraje anual	37
4.6. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE TRANSPORTE	37
4.6.1. Consumo de energía y de agua	38
4.6.1.1. Electricidad	38
4.6.1.2. Agua	39
4.6.2. Boletos y consumibles, sistema de recaudo	39
4.7 UTILIDADES E IMPREVISTOS DE LA EMPRESA DE OPERACIÓN DEL METRO	40
4.8 CÁLCULO DEL COSTO DEL TREN*KILÓMETRO	41
4.9. ANEXO: COSTOS OPEX DE LA L2MB	41
4.10 SUPUESTOS MACROECONÓMICOS	41
4.11 RECAUDO DEL SISTEMA Y NECESIDAD DE APORTES DEL FET	43
4.10.1. Escenarios de sensibilidad	51
4.12. APÉNDICE	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. - Estimación del personal de dirección

Tabla 2. - Estimación del personal de estación

Tabla 3. - Costos de mano de obra de operación (estaciones y CCO) (M COP)

Tabla 4. - Estimación del personal del CCO

Tabla 5. - Estimación del personal del CCO (técnico)

Tabla 6. - OPEX del CCO

Tabla 7. - Costos Personal de soporte y administrativos

Tabla 8. - OPEX personal de soporte y administrativos

Tabla 9. - Personal de seguridad

Tabla 10. - Costos de personal para la seguridad física

Tabla 11. - Personal para el mantenimiento de la señalización

Tabla 12. - Costos de personal para el mantenimiento de la señalización (M COP)

Tabla 13. - Personal para el mantenimiento de las telecomunicaciones

Tabla 14. - Costos de personal para el mantenimiento de las telecomunicaciones (M COP)

Tabla 15. - Personal para el mantenimiento de la vía férrea

Tabla 16. - Costos de personal para el mantenimiento de la vía férrea (M COP)

Tabla 16. - Personal para el mantenimiento del viaducto y del túnel

Tabla 17. - Personal para el mantenimiento del viaducto y del túnel

Tabla 18. - Costos de personal para el mantenimiento del viaducto y del túnel (M COP)

Tabla 19. - Personal para el mantenimiento del patio-taller

Tabla 20. - Costos de personal para el mantenimiento del patio-taller (M COP)

Tabla 21. - Personal para el mantenimiento de los equipos de suministro eléctrico

Tabla 22. - Costos de personal para el mantenimiento de los equipos de suministro eléctrico (M COP)

Tabla 23. - Personal para el mantenimiento de las instalaciones fijas

Tabla 24. - Costos de personal para el mantenimiento de las instalaciones fijas (M COP)

Tabla 25. - Personal para el mantenimiento del material rodante

Tabla 26. - Costos de personal para el mantenimiento del material rodante (M COP)

Tabla 27. - Salarios anuales según niveles en 2021

Tabla 28. - Cantidad de días en un año calendario para cada uno de los días tipo

Tabla 29. - Horarios de inicio y fin de la operación comercial para cada uno de los días tipos

Tabla 30. - Evolución del intervalo de la línea a lo largo de un día de semana en 2030

Tabla 31. - Kilometraje anual de la L2MB en 2030

Tabla 32. - Costos de electricidad (M COP)

Tabla 33. - Costos de agua (M COP)

Tabla 34. - Personal para el sistema de recaudo

Tabla 35. - Costos del sistema de recaudo (M COP)

Tabla 36. - Costos OPEX con utilidades e imprevistos (M COP)

Tabla 37. - Cálculo del costo global tren*km

Tabla 38. - Resumen de los supuestos macroeconómicos anuales.

Tabla 39. - Mecanismos de pago por tipo de contrato.

Tabla 40. - Mecanismos de pago por tipo de contrato.

Tabla 41. - Ingresos por recaudo.

Tabla 42. - Opex del proyecto separado por costos.

Tabla 43. - Sensibilidad precio de la energía en el total del Opex.

Tabla 44. - Resumen escenarios de demanda (pesos constantes de diciembre de 2021).

Tabla 45. - Resumen superávit del FET (pesos constantes de diciembre de 2021).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de organización de la Línea 2 del Metro de Bogotá

Figura 2. Comparación precio del dólar EoP y AoP.

Figura 3. Comparación IPC Colombia Vs. Estados Unidos.

Figura 4. Comparación Variación SMMLV Vs. Variación IPC Colombia.

Figura 5. *Estimación de demanda de pasajeros que ingresan al sistema como usuarios directos y por transbordo.*

Figura 6. Ingresos de recaudo por usuarios directos y transbordo.

Figura 7. Ingresos por recaudo y pagos al concesionario Escenario Diseño.

Figura 8. Comparativo de los escenarios de demanda en abordajes anuales

Figura 9. Ingresos por recaudo y pagos al concesionario Escenario Diseño.

Figura 10. Ingresos por recaudo y pagos al concesionario Escenario 1.

Figura 11. Ingresos por recaudo y pagos al concesionario Escenario 2.

Figura 12. Comparación gráfica entre el escenario base y la sensibilidad TRM +10%.

A. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA OPERACIONAL Y FINANCIERO

4. COSTOS DE OPERACIÓN, ADMINISTRACIÓN, MANTENIMIENTO Y MANTENIMIENTO PESADO

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE OPERACIÓN

4.1.1. Estructura organizacional de la empresa de Operación y Mantenimiento

La actividad de operación se divide en tres actividades principales:

- Personal de Dirección.
- Personal del Centro de Control Operacional (CCO) de la L2MB.
- Personal de las estaciones.

Además, todo el personal de gestión y operación directamente involucrado en el transporte, mantenimiento y funciones de seguridad tendrá su base en el edificio donde se ubiquen los CCOs. Esto facilitará la interfaz y la coordinación entre departamentos.

Teniendo en cuenta estos requerimientos, se propone la siguiente estructura general de organización para la operación para la L2MB:

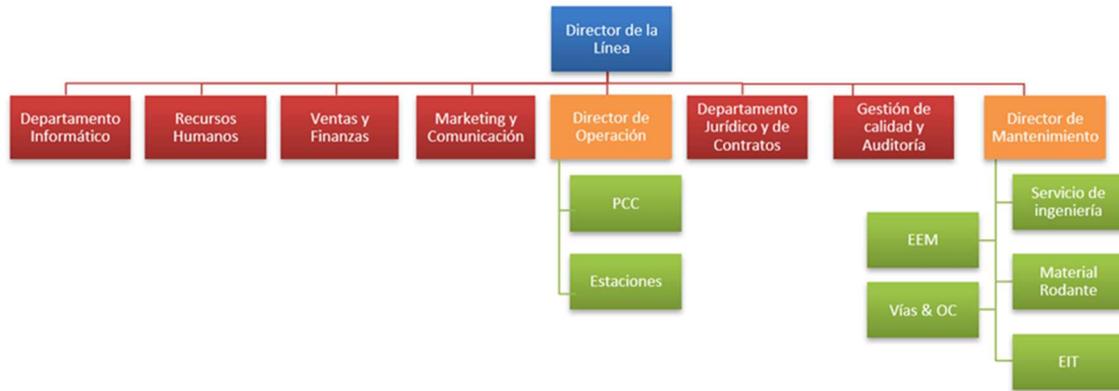


Figura 1. – Esquema de organización de la Línea 2 del Metro de Bogotá

Las actividades de mantenimiento se desarrollan a través de un departamento específico de la estructura de Operación y Mantenimiento del Concesionario. Este departamento cuenta entre otros con:

- Un Director de Mantenimiento.
- Un servicio de ingeniería de las actividades de mantenimiento.
- Departamentos técnicos encargados de las actividades de mantenimiento.

Se precisa que algunas actividades de mantenimiento podrán ser subcontratadas de conformidad con los términos expuestos en el Plan de Mantenimiento Preliminar del proyecto que se presentan en el documento “Requisito E. Definición de estrategias de sostenibilidad, mantenimiento y actualización”.

4.1.2. Definición de los cargos y posiciones necesarios para la operación y el mantenimiento

4.1.2.1. Personal de dirección

4.1.2.1.1. Director de la línea

El director de la línea está a cargo de gestionar y coordinar la Operación y Mantenimiento de toda la línea de Metro. Tiene la responsabilidad general de garantizar la seguridad de la línea y la calidad del servicio prestado.

Actividades principales:

- Es el representante de la empresa y el responsable jurídico ante la ley.
- Define la política y las grandes orientaciones de la línea.
- Supervisión y coordinación de todos los departamentos.
- Transmite las decisiones de la dirección general.

4.1.2.1.2. Director de operación

Actividades principales:

- Gerente del jefe del CCO y del jefe de estaciones.
- Responsable de la organización del CCO y de la organización de las estaciones.
- Asegura la interfaz con el Director de Mantenimiento.
- Garante de la seguridad de la línea y, por lo tanto, a cargo de la investigación en caso de incidente.
- Encargado de verificar que la producción corresponda con la planificada.
- Gestión de costos.
- Hacer aplicar los procedimientos.

4.1.2.2 Personal de operación

4.1.2.2.1. Personal del Centro de Control Operacional (CCO)

La operación del metro se gestiona desde el CCO. Este tiene como objetivo garantizar el funcionamiento seguro, fiable y eficaz de la línea. La principal función del personal del PCC es la de proveer una oferta de transporte que cumpla con los horarios predefinidos.

En caso de interrupciones, el objetivo principal del personal de CCO es el de gestionar los incidentes de la manera más eficiente, teniendo siempre en cuenta la seguridad de los pasajeros y el personal en primer lugar. Inicialmente deben responder al incidente y evitar que se propague. Entonces, trabajarán para volver a la operación nominal en el plazo más corto.

El CCO de la L2MB funcionará 24 horas. El personal del CCO se organizará según se describe en los siguientes párrafos.

4.1.2.2.1.1. Jefe del CCO

El jefe de CCO es responsable de:

- El personal del CCO durante su turno.
- La gestión de la energía de tracción, especialmente de las consignas para las obras de vía.
- La gestión de los incidentes.
- Las autorizaciones para el acceso a la vía.
- Escribir el reporte diario.

El jefe del CCO intercambiará su función con el jefe de estaciones. Esto permitirá que cada uno de los involucrados entre en contacto con las problemáticas inherentes a cada puesto y mejorará la interacción entre las jerarquías.

4.1.2.2.1.2. Operador Tráfico Línea

El regulador tráfico línea es responsable de:

- La gestión de los trenes en la vía principal.

- La respuesta a las llamadas en el tren.
- La información de los pasajeros en el tren.
- El manejo de las alarmas en los trenes.
- La gestión de la interfaz con el mantenimiento de los equipos de la línea.
- La gestión de la interfaz con el mantenimiento del material rodante.

4.1.2.2.1.3. Operador Tráfico Cocheras

El regulador tráfico cocheras es responsable de:

- La gestión de los trenes en las cocheras (incluido la máquina de lavado y posición de transferencia).
- El manejo de las alarmas en los trenes.
- La gestión de la interfaz con el mantenimiento del material rodante.

4.1.2.2.1.4. Operador Estación

El regulador estación es responsable de:

- El manejo de las alarmas en estación, cuando el personal de estación no se encuentra disponible para hacerlo. Al utilizar el sistema de gestión de la estación, puede manejar todos los equipos de la estación (por ejemplo: las escaleras mecánicas, las bombas).
- El manejo de la relación entre operación y el mantenimiento de los equipos en estación.
- La gestión de los accesos a los locales técnicos y de operación.
- La respuesta a las llamadas en estación.
- La información a los pasajeros en estación.

Los reguladores de tráfico línea, tráfico taller-cocheras y estaciones pueden intercambiar sus puestos de trabajo.

4.1.2.2.1.5. Operador de seguridad

El Operador de seguridad está a cargo de la seguridad de los pasajeros.

Su función es gestionar las pantallas del CCTV en las estaciones y los trenes e intervenir en caso de detección de un problema de seguridad.

El operador de seguridad puede ayudar al operador de estaciones en sus actividades de información al pasajero.

4.1.2.2.1.6. Operador de mantenimiento

El operador de mantenimiento no se ubica en la sala de operación del CCO sino en una oficina cercana.

El operador de mantenimiento es responsable de:

- La gestión de la interfaz con los equipos de mantenimiento correctivo de las instalaciones fijas.
- La gestión de la interfaz con los equipos de mantenimiento correctivo del material rodante.

En particular, el operador de mantenimiento se encargará de gestionar las alarmas transmitidas por el SCADA y se asegurará que se organicen las operaciones de reparación por parte de los departamentos de mantenimiento.

4.1.2.2.2. Personal de las estaciones

Bajo un sistema de transporte completamente automático, el personal de la estación participa activamente en tareas comerciales. También garantizan la seguridad de los pasajeros.

El personal de la estación posee un papel importante de asistencia al personal del CCO. Contribuyen a proporcionar la calidad de servicio esperada y a gestionar situaciones degradadas. Por ejemplo, pueden intervenir para solucionar una falla en la puerta de andén (PDA), coordinar la evacuación del tren o manejar flujos de pasajeros.

La composición, así como la constitución del personal de la estación se describe en los siguientes párrafos.

4.1.2.2.2.1. Jefe de Estaciones

El jefe de estaciones es responsable de:

- La gestión del personal de estaciones.
- La gestión de los grupos móviles.
- La gestión de los prestadores de servicios.
- La gestión de los incidentes en estaciones (evacuación, intervención sobre las puertas de andén, conducción de trenes).
- La redacción del reporte diario.

El jefe de estaciones puede (con orden del jefe de CCO), conducir en manual los trenes en caso de modo degradado. El jefe de estaciones puede también desempeñarse como jefe del CCO como se explicó anteriormente.

4.1.2.2.2.2. Responsable de Estación

El responsable de estación debe permanecer en la estación durante todo su turno. Además, este ayudará a los asistentes de estación en momentos de gran afluencia.

El responsable de estación debe:

- Supervisar el trabajo de los asistentes de estación.
- Supervisar la limpieza de la estación.
- Acompañar el funcionamiento de los equipos de peaje (barreras de control, máquinas de venta y recarga).
- Manejar las alarmas en la estación.
- Responder a las llamadas en la estación, en primera instancia. Si no puede atender la llamada, el PCC se encarga de ello.
- Hacer la gestión de los objetos perdidos.
- Asegurar la seguridad de las personas en caso de evacuación o incidente.
- Manejar los ventiladores según las indicaciones del CCO en caso de incendio.
- Conducir el tren en modo manual con orden del supervisor CCO.
- Girar el dinero de las máquinas (MAS, MRA).
- Recibir e informar a los pasajeros en la estación (hacer el servicio post/pre venta).
- Hacer el mantenimiento y las intervenciones de primer nivel (PDA, material rodante, escaleras mecánicas, máquina de venta de pasajes, entre otros).

En caso de que sea necesario la conducción manual de un tren por el responsable de la estación, el asistente ocupará su puesto en la estación.

4.1.2.2.3. Asistente de Estación

El asistente de estación estará presente en todas las estaciones. Se recomienda contar dos asistentes por estación y divididos en dos tipos:

- Asistente de venta de pasajes estará a cargo de:
 - Recibir e informar a los pasajeros en la estación.
 - Acompañar el funcionamiento de los equipos de peaje (barreras de control, máquinas de venta y recarga).
 - Recargar papel en las máquinas de venta de pasaje.
 - Servicio pre/post venta.
- Asistente de mantenimiento estará a cargo de:
 - Verificar el funcionamiento de las instalaciones de transporte y de la estación.
 - Intervenir en el mantenimiento de primer nivel sobre los equipos (PDA, material rodante, escaleras mecánicas, máquina de venta de pasajes, entre otros).
 - Asistir a turistas o pasajeros con movilidad reducida.
 - Asegurar que la estación se mantenga en condiciones de limpieza y de seguridad.
 - Ayudar al asistente de venta de pasajes en caso de necesidad.

4.1.2.2.4. Asistentes en Grupo Móvil

Además de contar con asistentes asignados a una estación determinada, se recomienda disponer de dos equipos de 4 o más asistentes en grupo móvil que circulen por la línea. Sus funciones en línea podrían ser el control de boletos, intervenciones en las puertas de andén u otras solicitudes del CCO. También podrían estar disponibles para realizar un reemplazo previsto o imprevisto o para una capacitación.

El asistente de estación en grupo móvil tendrá entonces como actividades principales:

- La verificación de la limpieza de los trenes.
- La verificación del buen funcionamiento del tren.
- La verificación del funcionamiento de las instalaciones de transporte (escaleras mecánicas, ascensores, PDA...).
- La canalización e información de los pasajeros en el tren.

4.1.2.2.3. Personal suplementario

4.1.2.2.3.1. Control de Seguridad

Se ubicará un centro de seguridad en las principales estaciones de la línea. Se supone un sistema de seguridad propia al concesionario y no se supone que la gestión de la seguridad sea asegurada por la policía que disponga la ciudad de Bogotá.

4.1.2.2.3.2. Centro de primeros auxilios

Se ubicará un centro de primeros auxilios a cada lado de la estación en las estaciones principales de la línea.

4.1.2.2.4. Limpieza de las estaciones

La limpieza de las estaciones se efectuará por grupos. Cada equipo estará encargado de un cierto número de estaciones. Cada día por la mañana, previo a la apertura de las estaciones, se realizará una limpieza superficial. Una limpieza más profunda es realizada cada 7 días.

4.1.2.3. Personal de mantenimiento

4.1.2.3.1. Organización general de las actividades de mantenimiento

Hay que definir una organización de mantenimiento fuerte y adaptada, que no debe ser sobredimensionada. En efecto, una organización sobredimensionada suele provocar un solapamiento en la definición y distribución de las funciones, una dilución de las responsabilidades y una gestión poco rigurosa. El objetivo debe ser la implantación de una organización eficaz y rentable. Estas organizaciones eficaces deben tener la ventaja adicional de proporcionar líneas de gestión claras y capacitar al personal a todos los niveles para que rinda cuentas de sus actividades. La organización de la gestión debe basarse en una visión coherente de toda la estrategia empresarial. El concepto principal de la organización de la empresa debe centrarse en una cadena de mando corta y una gran implicación de los equipos directivos gracias a la posibilidad de tomar decisiones sobre el terreno. Los procesos de gestión se caracterizarán por dos principios clave que apoyan las estrategias y valores previstos:

- Estructura de gestión simple y lógica.
- Filosofía común y lógica.

Así se creará una organización que, al mismo tiempo, se centrará en las expectativas de las partes interesadas, en el desempeño operativo y en la valoración del empleado individual. De este modo, se creará una organización ágil. Será capaz de ofrecer un mejor desempeño del servicio y de satisfacer las demandas futuras.

La división y la dirección de mantenimiento abarcan todo el abanico de responsabilidades para la producción diaria efectiva del servicio comercial a los clientes.

4.1.2.3.2. Entidades de mantenimiento

La organización establecida para la División de Mantenimiento considera los siguientes objetivos:

- Las intervenciones de mantenimiento deben contribuir a mantener la continuidad del servicio diario y la calidad de este.
- Las acciones de mantenimiento deben mantener el desempeño inicial (disponibilidad, confiabilidad y seguridad) de cada activo del metro.
- Las acciones de mantenimiento deben contribuir a la permanencia del sistema durante su vida útil.

Las actividades de mantenimiento están orientadas al servicio de mantenimiento a través de un El mantenimiento de los activos del metro se dividirá en cinco áreas de actividad principales, con el apoyo de un sólido equipo de planificación y otro de apoyo al mantenimiento. Hay tres razones principales por las que los recursos se dividen de esta manera:

- Cinco áreas de actividad principales diferentes, debido a las diferentes habilidades y experiencia que aplican los empleados.
- Los planes de mantenimiento tienen una base diferente.
- Las actividades de planificación de la producción y el mantenimiento son específicas.
- El apoyo se separa mejor de la actividad de mantenimiento en curso.

Las cinco áreas de actividad principales serán:

- El mantenimiento del material rodante.
- El mantenimiento de la tecnología electrónica e informática.
- El mantenimiento eléctrico y electromecánico.
- La vía y el mantenimiento de la obra civil.
- Los servicios de ingeniería de mantenimiento.

4.1.2.4. Personal administrativo y de soporte

4.1.2.4.1. Departamento Informático

El departamento informático se encarga de gestionar los sistemas y programas instalados (sistemas informáticos no relacionados con la operación). El departamento es responsable de:

- La administración de sistemas y programas.
- El servicio al cliente interno en herramientas informáticas.
- La actualización y mantenimiento de sistemas y aplicaciones.

4.1.2.4.2. Recursos Humanos

El departamento de RR.HH. está a cargo de gestionar todos los recursos humanos de la L2MB. Además, está a cargo de la formación del personal de operaciones. Esto incluye la formación inicial, pero también mantener y desarrollar sus habilidades. El departamento es responsable de:

- La contabilidad y nóminas.
- La administración de recursos humanos y presentación de informes.
- Las carreras y gestión de la movilidad interna.
- El reclutamiento.
- La organización de formación.
- El bienestar del personal.
- Desarrollar y organizar sesiones de capacitación.
- Administrar y desarrollar las habilidades de los capacitadores.
- Capacitar al personal de operación de acuerdo con el programa de entrenamiento predefinido establecido con los gerentes de operación.
- Entregar y gestionar acreditaciones internas.
- Escribir y actualizar las reglas y procedimientos operativos.
- Informar al personal operativo de las actualizaciones y modificaciones en las reglas y procedimientos operativos.
- Gestionar los calendarios a largo y mediano plazo.
- Lograr el procesamiento de datos mediante el análisis estadístico para la gestión eficiente del personal.

El departamento de RR.HH. está a cargo de gestionar todos los recursos humanos de la L2MB. El departamento es responsable de:

- La contabilidad y nóminas.
- La administración de recursos humanos y presentación de informes.
- Las carreras y gestión de la movilidad interna.
- El reclutamiento.
- La organización de formación.
- El bienestar del personal.

4.1.2.4.3. *Ventas y Finanzas*

El departamento de finanzas y ventas está a cargo de gestionar los flujos de caja y el presupuesto, así como también la estrategia financiera en acuerdo con el servicio de marketing y la autoridad correspondiente. El departamento es responsable de:

- Los informes financieros.
- Los presupuestos y provisiones.
- La gestión financiera de contratos.
- Los seguros y gestión tributaria.
- Los informes de ventas y patrocinio.
- El sistema de pasajes y gestión de captación de efectivo.

4.1.2.4.4. *Marketing y Comunicación*

El departamento de marketing y comunicación está a cargo de la estrategia de marketing y comunicación de la L2MB en acuerdo con la estrategia de la autoridad correspondiente, El departamento es responsable de:

- El análisis de la satisfacción del cliente.
- La investigación de las quejas en coordinación con el personal de operación.
- La comunicación de prensa, gestión de la comunicación electrónica e impresa.
- La gestión del componente comercial de las actividades de la empresa de Operación y Mantenimiento

4.1.2.4.5. *Departamento jurídico y de contratos*

El departamento Jurídico y de Contratos está a cargo de gestionar el contrato con las autoridades públicas y todas las cuestiones jurídicas relacionadas. El departamento es responsable de:

- El seguimiento del contrato.
- La evaluación del riesgo.
- El seguimiento de los indicadores de performance.
- La gestión de problemas relacionados con contratos.
- El apoyo a otros departamentos en caso de problemas legales.

4.1.2.4.6. Capacitación y regulación

El departamento de Formación y Regulación está a cargo de la regulación de la operación (redacción y actualización de procedimiento) y de la formación del personal de operaciones. Esto incluye la formación inicial, pero también mantener y desarrollar sus habilidades. El departamento es responsable de:

- Desarrollar y organizar sesiones de capacitación.
- Administrar y desarrollar las habilidades de los capacitadores.
- Capacitar al personal de operación de acuerdo con el programa de entrenamiento predefinido establecido con los gerentes de operación.
- Entregar y gestionar acreditaciones internas.
- Escribir y actualizar las reglas y procedimientos operativos.
- Informar al personal operativo de las actualizaciones y modificaciones en las reglas y procedimientos operativos.
- Gestionar los calendarios a largo y mediano plazo.
- Lograr el procesamiento de datos para el análisis estadístico y la preparación de informes técnicos.

4.1.2.4.7. Gestión de calidad y auditoría

El departamento de Gestión de calidad y Auditoría está a cargo de administrar el proceso HSEQ (Salud, Seguridad, Medio ambiente y Calidad por sus siglas en inglés) y la auditoría interna. Se dedicará un equipo específico a la actividad de auditoría de la operación y a la gestión de su proceso de mejora continua, mediante el seguimiento de planes transversales de acción. El departamento es responsable de:

- El análisis y la realización de informes HSQE.
- La auditoría interna y la gestión de auditorías externas.

4.1.3. Estimación del personal necesario para la operación y el mantenimiento de la L2MB

A continuación, se presenta la distribución de los efectivos necesarios para la operación, conforme a la organización propuesta.

4.1.3.1. Personal de dirección

En la siguiente tabla se presenta la estimación del personal de dirección:

Tabla 1. - Estimación del personal de dirección

Puesto	Clasificación	Cantidad	Costo anual
Director de la línea	Experto	1 (horas de oficina)	909.646.242 COP
Director de operación	Gerente	1 (horas de oficina)	304.074.110 COP
Director de mantenimiento	Gerente	1 (horas de oficina)	304.074.110 COP

4.1.3.2. Personal y costos de estación

El personal de estación se opera en dos turnos por día. Además de esta cifra, se considera para estimar el número de los personales:

- 6 días laborales por semana.
- 11,8 % de ausentismo por motivo convencional (vacaciones, formaciones, festivos).
- 2,8 % de ausentismo laboral (enfermedad, permisos, licencias; Encuesta de Ausentismo Laboral e Incapacidades 2019 (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia; 2020).

En la siguiente tabla, se presenta la estimación del personal de dirección:

Tabla 2. - Estimación del personal de estación

Estaciones	Jefe de estaciones	Responsable de estación	Asistente de estación	Grupo móvil
Clasificación	Ingeniero superior	Técnico superior	Técnico	Técnico
Est.1 - Calle 72	1	3	6	12
	(horas de oficina)	(1 persona por turno para 3 turnos)	(2 personas por turno para 3 turnos)	(4 personas por turno para 3 turnos)
Est.2 - NQS		3	6	
		(1 persona por turno para 3 turnos)	(2 personas por turno para 3 turnos)	
Est.3 - CR 68		3	6	
		(1 persona por turno para 2 turnos)	(2 personas por turno para 2 turnos)	
Est.4 - Av. Boyacá		3	6	
		(1 persona por turno para 2 turnos)	(2 personas por turno para 2 turnos)	
Est.5 - Cali		3	6	

Estaciones	Jefe de estaciones	Responsable de estación	Asistente de estación	Grupo móvil
Clasificación	Ingeniero superior	Técnico superior	Técnico	Técnico
		(1 persona por turno para 2 turnos)	(2 personas por turno para 2 turnos)	
Est.6 - CI 80		3	6	12
		(1 persona por turno para 2 turnos)	(2 personas por turno para 2 turnos)	(4 personas por turno para 2 turnos)
Est.7 - Cr 91		3	6	
		(1 persona por turno para 2 turnos)	(2 personas por turno para 2 turnos)	
Est.8 - Humedal		3	6	
		(1 persona por turno para 2 turnos)	(2 personas por turno para 2 turnos)	
Est.9 - ALO Sur		3	6	
		(1 persona por turno para 2 turnos)	(2 personas por turno para 2 turnos)	
Est.10 - ALO norte		3	6	
		(1 persona por turno para 2 turnos)	(2 personas por turno para 2 turnos)	
Est.11 - Fontanar		3	6	
		(1 persona por turno para 2 turnos)	(2 personas por turno para 2 turnos)	
TOTAL	1	33	66	24

Tabla 3. - OPEX de las estaciones (M COP₂₀₂₁)

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

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

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
ESTACIONES										
Costos de Personal	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163
Costos de Mantenimiento	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789
Costos de Operación	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ESTACIONES										
Costos de Personal	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163
Costos de Mantenimiento	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789
Costos de Operación	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
ESTACIONES										
Costos de Personal	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163	6 163
Costos de Mantenimiento	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789	6 789
Costos de Operación	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778	2 778

4.1.3.3. Personal y costos del CCO

Para el personal del CCO, se mantienen las mismas consideraciones que las de estaciones.

En las siguientes tablas, se presenta la estimación del personal del CCO:

Tabla 4. - Estimación del personal del CCO

Puesto	Clasificación	Cantidad
Jefe del CCO	Ingeniero	4 (1 persona por turno para 3 turnos)
Operador Tráfico-Línea	Técnico superior	8 (2 personas por turno para 3 turnos)
Operador Tráfico-Cocheras	Técnico superior	2 (1 persona por turno para 2 turnos)
Operador Estación / Información Pasajeros	Técnico superior	3 (1 persona por turno para 2 turnos)
Operador Seguridad	Técnico superior	3 (1 persona por turno para 2 turnos)
TOTAL		20

Tabla 5. - Estimación del personal del CCO (técnico)

Cargo	Cantidad	Clasificación
Jefe Área de oficina técnica (similar al jefe de operación del sistema)	1	Ingeniero superior
Auxiliar administrativa	1	Trabajador

Profesional 1 administrativo	1	Ingeniero
Profesional 2 de mantenimiento (gestión administrativa)	1	Técnico superior
Profesional 2 gestión administrativa (gestión de tiempo)	3	Técnico superior
Profesional 2 de mantenimiento (gestión administrativa)	1	Técnico superior

Descomposición de los costos para estaciones

Cada tipo de costo es la suma de los elementos siguientes.

Los costos de personal:

- Salario anual total de los personales listadas en las tablas arriba = 6 089 M COP_{2021} ;
- Otros costos anuales como aprendices y formación = 74 M COP_{2021} .

Los costos de mantenimiento:

- Obras civiles (externo e interno).
- Zonas verdes.
- Puertas de andén.
- Ascensores.
- Escaleras Electromecánicas.
- Aires acondicionados.
- Iluminación y fuerza.
- Sistema contra incendios.
- Apantallamiento.
- Señalética de estaciones.

Los costos unitarios y sus cantidades se encuentran en la Tabla A 1 en Apéndice.

Los costos de operación:

- Aseo de estaciones = 2 301 M COP_{2021} .
- Transporte de personal = 407 M COP_{2021} .
- Servicios públicos = 64 M COP_{2021} .
- Útiles y Papelería = 6 M COP_{2021} .

Descomposición de los costos para CCO

Cada tipo de costo es la suma de los elementos siguientes.

Los costos de personal:

- Salario anual total de los personales listadas en las tablas arriba = 2 345 M COP_{2021} ;
- Otros costos anuales como aprendices y formación = 22 M COP_{2021} .

Los costos de mantenimiento:

- Obras civiles (Externo e Interno) = 81 M COP_{2021} .
- Iluminación y fuerza = 2,5 M COP_{2021} .
- Sistema contra incendios = 2,8 M COP_{2021} .
- Apantallamiento = 0,007 M COP_{2021} .

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

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

Los costos de operación:

- Aseo del CCO = 145 M COP₂₀₂₁.
- Servicio públicos = 5,5 M COP₂₀₂₁.
- Transporte de personal = 59,6 M COP₂₀₂₁.

Tabla 6. - OPEX del CCO (M COP₂₀₂₁)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
CCO										
Costos de Personal	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367
Costos de Mantenimiento	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
Costos de Operación	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
CCO										
Costos de Personal	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367
Costos de Mantenimiento	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
Costos de Operación	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
CCO										
Costos de Personal	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367	2 367
Costos de Mantenimiento	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
Costos de Operación	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210

4.1.3.4. Personal y costos administrativos y de soporte

Tabla 7. - Departamentos y personal administrativo y de soporte (COP 2021)

Cargo	Cantidad	Salario anual
Departamento Jurídico y de Contratos		
Director Jurídico	1	304 074 110
Profesional 1 Dir. Jurídica	4	92 871 606
Auxiliar administrativo	1	37 921 469
Gestión de calidad y Auditoría		
Control Interno		
Jefe de Control Interno	1	304 074 110
Profesional 1 Control Interno	3	92 871 606
Administración de Riesgos		
Jefe de Riesgos	1	131 053 501
Auxiliar administrativo	1	37 921 469
Profesional 1 Riesgos	1	92 871 606
Profesional 1 SYSO	4	92 871 606
Profesional 1 Plan de Emergencias	1	92 871 606

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

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

Cargo	Cantidad	Salario anual
Profesional 1 Ambiental	1	92 871 606
Profesional 2 Ambiental	1	48 317 518
Marketing y Comunicación		
Director de Comunicaciones	1	304 074 110
Profesional 1 Dir. Comunicaciones	1	92 871 606
Profesional 2 Dir. Comunicaciones	1	48 317 518
Gerencia de Servicio al Cliente		
Gerente de Servicio al Cliente	1	304 074 110
Auxiliar administrativa	1	37 921 469
Profesional 1 Servicio al Cliente	3	92 871 606
Venta y Finanzas		
Gerente Financiero	1	304 074 110
Auxiliar administrativo	1	37 921 469
Tesorería		
Jefe de Tesorería	0,5	131 053 501
Profesional 1 Tesorería	2	92 871 606
Profesional 2 Tesorería	1	48 317 518
Contabilidad e Impuestos		
Jefe de Contabilidad	0,5	131 053 501
Profesional 1 Contabilidad	2	92 871 606
Profesional 2 Contabilidad	1	48 317 518
Planeación Financiera		
Jefe de Planeación Financiera	1	131 053 501
Profesional 1 Plan. Financiera	1	92 871 606
Profesional 2 Plan. Financiera	1	48 317 518
Gestión de Suministros y Servicios Generales		
Jefe de Suministros	1	131 053 501
Profesional 1 Gestión Comercial	6	92 871 606
Profesional 1 Abogados	2	48 317 518
Profesional 2 Gestión Comercial	2	92 871 606
Profesional 1 Almacén	1	92 871 606
Profesional 2 Almacén	10	48 317 518

Cargo	Cantidad	Salario anual
Auxiliar operativo - Almacén	2	37 921 469
Gerencia de Operaciones y mantenimiento		
Gerente de Operaciones y Mantenimiento	2	304 074 110
Auxiliar administrativo	1	37 921 469
Recursos Humanos		
Jefe de Talento Humano	1	131 053 501
Auxiliar administrativo	1	37 921 469
Profesional 2 Instructores - Operativo	6	48 317 518
Profesional 2 Instructores - Conducción	0	48 317 518
Profesional 1 Capacitación	1	92 871 606
Profesional 1 Nómina	3	92 871 606
Profesional 1 Selección y vinculación	5	92 871 606
Profesional 1 Bienestar Laboral	1	92 871 606
Profesional 1 Diseño Organizacional	1	92 871 606
Profesional 1 Desarrollo Humano	1	92 871 606
Departamento Informático		
Jefe de TI	1	131 053 501
Auxiliar administrativo	1	37 921 469
Profesional 1 Admón. ERP	3	92 871 606
Profesional 1 Outsourcing	1	92 871 606
Profesional 1 TI Aplicativos e Infraestructura	2	92 871 606
Profesional 1 Seguridad Información	1	92 871 606

Para el cálculo de los costos de personal, se añade los elementos siguientes, además de los salarios:

- Selección y vinculación (hipótesis que 5% sea la tasa de rotación del personal) = 7,9 M COP₂₀₂₁.
- Exámenes médicos = 0,3 M COP₂₀₂₁.
- Aprendices = 78 M COP₂₀₂₁.
- Dotación especial = 6,7 M COP₂₀₂₁.

El costo de mantenimiento corresponde al costo para gestión ambiental ISO 14000.

Se detallan los costos de operación en la Tabla A 2 en Apéndice.

La suma de los salarios de estos personales y los costos de mantenimientos y de operaciones da los siguientes costos:

Tabla 8. - OPEX Personal de soporte y administrativos (M COP₂₀₂₁)

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

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

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
SOPORTE ADMINISTRATIVO										
Costos de Personal	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144
Costos de Mantenimiento	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Costos de Operación	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
SOPORTE ADMINISTRATIVO										
Costos de Personal	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144
Costos de Mantenimiento	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Costos de Operación	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
SOPORTE ADMINISTRATIVO										
Costos de Personal	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144	10 144
Costos de Mantenimiento	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Costos de Operación	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436	2 436

4.1.3.5. Personal y costos de la seguridad física

Se presentan las consideraciones en la tabla siguiente, que son las mismas que las de la PLMB.

Tabla 9. - Personal de seguridad

Cargo	Cantidad	Clasificación
Profesional 1 infraestructuras - coordinador de seguridad	1	Ingeniero
Investigador de seguridad	1	Técnico superior
Técnico de seguridad	60	Técnico
Auxiliar operativo - seguridad	30	Técnico

Los costos de personal incluyen los salarios anuales (3 813 M COP₂₀₂₁) y otros costos como aprendices (52 M COP₂₀₂₁).

Tabla 10. - Costos de personal para la seguridad física (M COP₂₀₂₁)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
SEGURIDAD										
Costos de Personal	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
SEGURIDAD										
Costos de Personal	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
SEGURIDAD										
Costos de Personal	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866	3 866

4.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

La estrategia de mantenimiento de la L2MB está presentada en el capítulo “E. Definición de estrategia para su sostenibilidad, mantenimiento y actualización”.

Los costos unitarios utilizados en las estimaciones son actualizados desde los valores oportunamente tomados para el documento correspondiente (OPEX) de la PLMB.

Se tiene también que precisar que los valores utilizados para la definición de los costos de operación y mantenimiento de la L2MB tal y como costos de repuestos y frecuencia de actividades de mantenimiento se definieron con base a la PLMB y con una lista de proyectos internacionales similares desarrollados por el Asesor que permitió afinar los supuestos correspondientes.

4.2.1. Mantenimiento de la señalización

A continuación, se presenta la estimación de personal para el mantenimiento de la señalización. Los salarios correspondientes a cada nivel son listados en Tabla 27.

Tabla 11. - Personal para el mantenimiento de la señalización

Cargo	Clasificación por nivel	Cantidad
1 - Ingeniero Señalización y Control de Trenes	Ingeniero	1
2 - Tecnólogo Señalización y Control de Trenes	Técnico superior	6
Personal 2 trabajador	Trabajador	6

Además de los salarios (610,6 M COP₂₀₂₁), se añade otros costos como aprendices (7,3 M COP₂₀₂₁) y dotación especial (8 M COP₂₀₂₁).

Para el costo de mantenimiento, se toma un valor anual de mantenimiento de la señalización y control de trenes de 22,5 M COP₂₀₂₁ por kilómetro (22,5 * 14,36km = 323 M COP₂₀₂₁)

Tabla 12. - Costos de personal para el mantenimiento de la señalización (M COP₂₀₂₁)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
SEÑALIZACIÓN										
Costos de Personal	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626
Costos de Mantenimiento	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
SEÑALIZACIÓN										
Costos de Personal	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626
Costos de Mantenimiento	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
SEÑALIZACIÓN										
Costos de Personal	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626
Costos de Mantenimiento	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2.2. Mantenimiento de las telecomunicaciones

A continuación, se presenta la estimación de personal para el mantenimiento de las telecomunicaciones. Los salarios correspondientes a cada nivel son listados en Tabla 27.

Tabla 13. - Personal para el mantenimiento de las telecomunicaciones

Cargo	Clasificación por nivel	Cantidad
Profesional 1 - Ingeniero Comunicaciones de Voz y Datos	Ingeniero	3
Profesional 2 - Tecnólogo Comunicaciones de Voz y Datos	Técnico superior	10
Personal 2 trabajador	Trabajador	7

Además de los salarios (1 027 M COP₂₀₂₁), se añade otros costos como aprendices (11 M COP₂₀₂₁) y dotación especial (14 M COP₂₀₂₁).

Los costos de mantenimiento incluyen el mantenimiento de telemática (266 M COP₂₀₂₁) y el soporte por las redes de datos (498 M COP₂₀₂₁).

Tabla 14. - Costos de personal para el mantenimiento de las telecomunicaciones (M COP₂₀₂₁)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
TELECOMUNICACIONES										
Costos de Personal	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052
Costos de Mantenimiento	764	764	764	764	764	764	764	764	764	764
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
TELECOMUNICACIONES										
Costos de Personal	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052
Costos de Mantenimiento	764	764	764	764	764	764	764	764	764	764
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
TELECOMUNICACIONES										
Costos de Personal	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052	1 052
Costos de Mantenimiento	764	764	764	764	764	764	764	764	764	764
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2.3. Mantenimiento de la vía férrea

A continuación, se presenta la estimación de personal para el mantenimiento de la vía férrea. Los salarios correspondientes a cada nivel son listados en Tabla 27.

Tabla 15. - Personal para el mantenimiento de la vía férrea

Cargo	Clasificación por nivel	Cantidad
1 Infraestructuras-Ingeniero Vía Permanente	Ingeniero	2

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

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

2 Mantenimiento Vía Permanente	Técnico superior	4
Auxiliar operativo de mantenimiento Vía Permanente	Trabajador	10
Técnico vía férrea	Técnico	6

Además de los salarios (1 003 M COP₂₀₂₁), se añade otros costos como aprendices (12,4 M COP₂₀₂₁) y dotación especial (13,3 M COP₂₀₂₁).

Los costos de mantenimiento incluyen la investigación y la reparación de la vía.

Tabla 16. - Costos de personal para el mantenimiento de la vía férrea (M COP₂₀₂₁)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
VÍA FÉRREA										
Costos de Personal	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029
Costos de Mantenimiento	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
VÍA FÉRREA										
Costos de Personal	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029
Costos de Mantenimiento	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
VÍA FÉRREA										
Costos de Personal	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029	1 029
Costos de Mantenimiento	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2.4. Mantenimiento del viaducto y del túnel

A continuación, se presenta la estimación de personal para el mantenimiento del viaducto y del túnel. Los salarios correspondientes a cada nivel son listados en Tabla 27.

Tabla 17. - Personal para el mantenimiento del viaducto y del túnel

Cargo	Clasificación por nivel	Cantidad
Profesional 1 Infraestructuras-Ingeniero	Ingeniero	2

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

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

Profesional 2 Mantenimiento	Técnico superior	3
Auxiliar operativo de mantenimiento	Trabajador	7
Técnico viaducto y túnel	Técnico	7

Además de los salarios (881,7 M COP₂₀₂₁), se añade otros costos como aprendices (10,7 M COP₂₀₂₁) y dotación especial (16 M COP₂₀₂₁).

Los costos de mantenimiento incluyen el mantenimiento de la iluminación y parte de las obras civiles del viaducto (costos internos y externos).

Para el túnel, se supone diferentes tipos y periodos de intervenciones de mantenimiento para los aspectos siguientes: detección de incendio, lucha contra incendio y ventilación de túnel. Los costos se estiman como 1% - 5% de cada uno de los elementos de CAPEX, de acuerdo con nuestra experiencia. Según la característica de los elementos, se han considerado unas intervenciones de mantenimiento mayor por cada 10/20/25 años. Los costos anuales se encuentran en la Tabla A 3 en Apéndice.

Tabla 18. - Costos de personal para el mantenimiento del viaducto y del túnel (M COP₂₀₂₁)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
VIADUCTO Y TÚNEL										
Costos de Personal	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908
Costos de Mantenimiento	3 499	3 499	3 499	3 499	3 620	3 499	3 499	3 499	3 499	10 720
Costos de Operación	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
VIADUCTO Y TÚNEL										
Costos de Personal	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908
Costos de Mantenimiento	3 499	3 499	3 499	3 499	3 620	3 499	3 499	3 499	3 499	26 661
Costos de Operación	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
VIADUCTO Y TÚNEL										
Costos de Personal	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908
Costos de Mantenimiento	3 499	3 499	3 499	3 499	3 620	3 499	3 499	3 499	3 499	10 720
Costos de Operación	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415	1 415

4.2.5. Mantenimiento del patio-taller

A continuación, se presenta la estimación de personal para el mantenimiento del patio-taller. Los salarios correspondientes a cada nivel son listados en Tabla 27.

Tabla 19. - Personal para el mantenimiento del patio-taller

Cargo	Clasificación por nivel	Cantidad
-------	-------------------------	----------

Profesional 2 Mantenimiento Veh. Auxiliares	Técnico superior	3
Profesional 2 Mantenimiento Equipos y Herramientas	Técnico superior	2
Auxiliar Operativo Mmto Veh. Auxiliares	Trabajador	6
Auxiliar Operativo Mmto Equipos y Herramientas	Trabajador	3
Auxiliar Operativo Conductor automotor	Trabajador	12

Además de los salarios (1 038 M COP₂₀₂₁), se añade otros costos como aprendices (14,6 M COP₂₀₂₁) y dotación especial (27,9 M COP₂₀₂₁).

Descomposición de los costos para patio-taller

Cada tipo de costo es la suma de los siguientes elementos.

Los costos de mantenimiento (ver la Tabla A 4):

- Mantenimiento Vehículos auxiliares.
- Mantenimiento equipos y herramientas taller.
- Combustible automotores.
- Obras civiles (externo e interno).
- Iluminación y Fuerza.
- Sistema contra incendios.
- Apantallamiento.

Los costos de operación (ver la Tabla A 5):

- Aseo.
- Manejo de residuos.
- Impuesto y rodamiento furgoneta.
- SOAT furgoneta.
- Semaforización furgoneta.
- Revisión técnico mecánico furgoneta.
- Impuesto y rodamiento motocicleta.
- SOAT motocicleta.
- Semaforización motocicleta.
- Revisión técnico mecánico motocicleta.

Tabla 20. - Costos de personal para el mantenimiento del patio-taller (M COP₂₀₂₁)

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

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

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
PATIO-TALLER										
Costos de Personal	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080
Costos de Mantenimiento	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191
Costos de Operación	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
PATIO-TALLER										
Costos de Personal	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080
Costos de Mantenimiento	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191
Costos de Operación	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
PATIO-TALLER										
Costos de Personal	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080	1 080
Costos de Mantenimiento	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191	1 191
Costos de Operación	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948	1 948

4.2.6. Mantenimiento de los equipos de suministro eléctrico

A continuación, se presenta la estimación de personal para el mantenimiento de suministro eléctrico. Los salarios correspondientes a cada nivel son listados en Tabla 27.

Tabla 21. - Personal para el mantenimiento de los equipos de suministro eléctrico

Cargo	Clasificación por nivel	Cantidad
Subestaciones de Energía		
Profesional 1 Infraestructuras-Ingeniero	Ingeniero	1
Profesional 2 Mantenimiento	Técnico superior	5
Auxiliar operativo de mantenimiento	Trabajador	12
Auxiliares		
Profesional 1 Infraestructuras-Ingeniero	Ingeniero	2
Profesional 2 Mantenimiento	Técnico superior	5
Auxiliar operativo de mantenimiento	Trabajador	15

Además de los salarios (1 672 M COP₂₀₂₁), se añade otros costos como aprendices (21 M COP₂₀₂₁) y dotación especial (45 M COP₂₀₂₁).

Los costos de mantenimiento consideran:

- Mantenimiento de catenaria.
- Mantenimiento de subestaciones.

Se supone que estos costos sean iguales a 1% del CAPEX de suministro energético. Estos son más elevados que los de la PLMB, dado a la introducción de la catenaria en lugar del tercer riel. Sin embargo, el consumo de energía siendo menos elevado, permite al final realizar ahorros de OPEX.

Tabla 22. - Costos de personal para el mantenimiento de los equipos de suministro eléctrico (M COP₂₀₂₁)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
SUMINISTRO ELÉCTRICO										
Costos de Personal	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738
Costos de Mantenimiento	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
SUMINISTRO ELÉCTRICO										
Costos de Personal	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738
Costos de Mantenimiento	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
SUMINISTRO ELÉCTRICO										
Costos de Personal	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738	1 738
Costos de Mantenimiento	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049	2 049
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2.7. Mantenimiento de las instalaciones fijas

Los personales de instalaciones fijas están a carga de las siguientes tareas:

- Mantenimiento de las instalaciones fijas al respecto de:
 - Drenaje en el túnel.
 - Estaciones.
 - Edificios (de estación, de CCO, de patio taller, etc.).
- Planificación y gestión de interfaz.
- Gestión del almacén.

A continuación, se presenta la estimación de personal para el mantenimiento de las instalaciones fijas. Los salarios correspondientes a cada nivel son listados en Tabla 27.

Tabla 23. - Personal para el mantenimiento de las instalaciones fijas

Cargo	Clasificación por nivel	Cantidad
Mantenimiento Obras Civiles		
Profesional 1 Infraestructuras-Ingeniero	Ingeniero	2
Profesional 1 Infraestructuras	Ingeniero	1
Profesional 2 Mantenimiento	Técnico superior	3

Cargo	Clasificación por nivel	Cantidad
Mantenimiento Equipos		
Profesional 1 Infraestructuras-Ingeniero	Ingeniero	3
Profesional 2 de mantenimiento	Técnico superior	30
Auxiliar operativo de mantenimiento	Trabajador	18
Equipo de interfaz de planificación y programación / operación		
Director de equipo operativo	Ingeniero superior	1
Gestores de la planificación	Ingeniero	1
Supervisores de planificación	Técnico superior	1
Técnicos de planificación	Técnico	3
Equipo de gestión del almacén de piezas de recambio/logística y del mantenimiento subcontratado		
Director de recambio y logística	Ingeniero superior	1
Supervisor de piezas de recambio	Ingeniero	1
Supervisor de actividades subcontratadas	Técnico superior	0,5
Supervisores de almacén	Técnico superior	1,5
Técnicos de almacén	Técnico	3

Además de los salarios (2 999 M COP₂₀₂₁), se añade otros costos como aprendices (24 M COP₂₀₂₁) y dotación especial (49 M COP₂₀₂₁).

Tabla 24. - Costos de personal para el mantenimiento de las instalaciones fijas (M COP₂₀₂₁)

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

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

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
GESTIÓN MANTENIMIENTO INSTALACIONES FÍSICAS										
Costos de Personal	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
GESTIÓN MANTENIMIENTO INSTALACIONES FÍSICAS										
Costos de Personal	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
GESTIÓN MANTENIMIENTO INSTALACIONES FÍSICAS										
Costos de Personal	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072	3 072

4.2.8. Mantenimiento del material rodante

A continuación, se presenta la estimación de personal para el mantenimiento del material rodante. Los salarios correspondientes a cada nivel son listados en Tabla 27.

Tabla 25. - Personal para el mantenimiento del material rodante

Cargo	Clasificación por nivel	Cantidad
Jefe de Trenes	Ingeniero superior	1
Auxiliar administrativa	Trabajador	1
Profesional 1 Trenes	Ingeniero	10
Profesional 2 Mantenimiento (Jefe de Maniobras)	Técnico superior	7
Profesional 2 Mantenimiento	Técnico superior	28
Auxiliar operativo de mantenimiento	Trabajador	24
Auxiliar operativo - Almacén	Trabajador	3

Además de los salarios (3 812 M COP₂₀₂₁), se añade otros costos como aprendices (33 M COP₂₀₂₁) y dotación especial (65 M COP₂₀₂₁).

Los costos de mantenimiento incluyen:

- Reparaciones externas (78 M COP₂₀₂₁ * 25 = 1 950 M COP₂₀₂₁).
- Material y los repuestos para el mantenimiento preventivo y correctivo (298,5 M COP₂₀₂₁ * 25 = 7 463 M COP₂₀₂₁).
- El mantenimiento mayor ocurre a partir del sexto año de operación. Además, se supone un mantenimiento mayor en media vida en los años 14, 15 y 16, cuyos costos corresponden a 10% del CAPEX por cada año (30% del CAPEX para la totalidad de esta actividad = 17 936 M COP₂₀₂₁).

Los costos de operación incluyen:

- Aseo de trenes (571 M COP₂₀₂₁).

Tabla 26. - Costos de personal para el mantenimiento del material rodante (M COP₂₀₂₁)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MATERIAL RODANTE										
Costos de Personal	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911
Costos de Mantenimiento	9 413	9 413	9 413	9 413	9 413	19 358	19 358	19 358	19 358	19 358
Costos de Operación	571	571	571	571	571	571	571	571	571	571
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MATERIAL RODANTE										
Costos de Personal	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911
Costos de Mantenimiento	19 358	19 358	19 358	170 818	170 818	170 818	21 347	21 347	21 347	21 347
Costos de Operación	571	571	571	571	571	571	571	571	795	795
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MATERIAL RODANTE										
Costos de Personal	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911	3 911
Costos de Mantenimiento	21 347	21 347	21 347	21 347	21 347	21 347	21 347	21 347	21 347	21 347
Costos de Operación	795	795	795	795	795	795	795	795	795	795

4.3. COSTOS CONTEMPLADOS

Para los costos operacionales se consideraron los valores detallados asociados con los siguientes aspectos:

- Los salarios del personal de la estructura de operación y mantenimiento que estará a cargo de las actividades de operación y mantenimiento de la Línea 2 del Metro de Bogotá.
 - Personal de gestión y personal administrativo.
 - Personal de operación (estaciones, CCO, etc.).
 - Personal de mantenimiento.
- Los costos de operación en sí mismo (energía, etc).
- Los costos de mantenimiento.
- Los costos de seguridad.
- Los costos asociados con el recaudo.
- Los consumos de agua, electricidad, etc.
- Costos asociados a la presencia de una plantilla de asistentes para la fase de inicio de la operación.
- Costos asociados con las pólizas de seguros.
- Una flota de trenes constante en el tiempo (oferta constante).

4.4. CONSIDERACIONES PRINCIPALES

4.4.1. Consideraciones macroeconómicas

En este informe, se estiman los costos en pesos constantes de diciembre de 2021.

4.4.2. Consideraciones salariales

Se definieron 7 niveles de salarios en función de la clasificación de los cargos:

- Experto.
- Gerente.

- Ingeniero superior.
- Ingeniero.
- Técnico superior.
- Técnico.
- Trabajador.

Para simplificación, se ha propuesto que cada tipo de cargos (por ejemplo, administración, operación en estaciones, mantenimiento, etc.) siga la misma jerarquía de los 7 niveles y los salarios correspondientes. Es decir, dos personas en la misma clasificación de los cargos (ingeniero, por ejemplo) reciben el mismo salario, cualquiera sea el tipo de cargo (una en la operación en estaciones y la otra en mantenimiento, por ejemplo).

Los salarios de cada uno de los niveles fueron derivados de los valores utilizados en la estimación del OPEX para la PLMB. Una vez que la correspondencia entre los cargos definidos en el OPEX para la PLMB y los 7 niveles, se calculó la media de los salarios para cada uno de los niveles.

De esta manera, se obtiene una estimación preliminar del OPEX. Además, se puede concebir una sofisticación de la estimación mediante unas hipótesis más detalladas sobre el salario de cada cargo.

A continuación, se presenta la tabla de salarios de los 7 niveles:

Tabla 27. - Salarios anuales según niveles en 2021

SALARIOS POR CLASIFICACIÓN	COP 2021
Experto	909 646 242
Gerente	304 074 110
Ingeniero superior	131 053 501
Ingeniero	92 871 606
Técnico superior	48 317 518
Técnico	40 792 802
Trabajador	37 921 469

4.5. PREVISIONES DE TRÁFICO (DEMANDA) Y KILOMETRAJE ANUAL

4.5.1. Previsiones de tráfico (demanda)

La demanda de transporte utilizada como insumo principal del Plan de Operación Preliminar es el resultado del estudio de demanda del estudio de factibilidad.

En el POP, se han propuesto los horarios de operación comercial a lo largo del día para la L2MB para satisfacer la demanda prevista. Tres tipos de días se han adoptados: laborales (de lunes a viernes), sábados, y domingos y festivos, y las cantidades de cada uno de los tipos es listadas en la tabla siguiente:

Tabla 28. - Cantidad de días en un año calendario para cada uno de los días tipo

Día tipo	Cantidad de días
Laboral (lunes a viernes)	244
Sábados	52
Domingos	52
Festivos	17

Para cada uno de estos tipos, se define los horarios de inicio de servicio y de fin del servicio, como muestra la siguiente tabla:

Tabla 29. - Horarios de inicio y fin de la operación comercial para cada uno de los días tipos

Día tipo	Hora Inicio	Hora Fin
Laboral (lunes a viernes)	04h00	23h00
Sábados	05h30	23h00
Domingos y Festivos	06h30	22h00

Últimamente, la siguiente tabla muestra la propuesta de MOVIUS de la evolución del intervalo de los trenes por los diferentes tipos de días:

Tabla 30. - Evolución del intervalo de la línea a lo largo de un día de semana en 2030

Horario	Intervalo de operación (en minutos)		
	Laboral (lunes - viernes)	Sábados	Domingos y festivos
04h30-05h00	10	10	-
05h00-05h30	10	10	-
05h30-06h00	8,7	10	10
06h00-06h30	4,3	5	6,2
06h30-09h00	2,2 (hora pico)	3,1 (hora pico)	6,2
9h-12h	4,9	5	5
12h-14h	4,3	5	5
14h-17h	4,9	5	5
17h-20h	2,2	3,1	6,2

	(hora pico)		
20h-21h	4,4	5	5
21h-22h	10	10	10
22h-23h	10	10	-
23h-24h	-	-	-

4.5.2. Kilometraje anual

Para la estimación de los costos de operación del proyecto (OPEX), es necesario calcular la producción kilométrica anual. El kilometraje anual es la distancia total recorrida por la totalidad de los trenes de la flota durante un año, y se calcula como la suma del kilometraje comercial y el kilometraje en vacío. El primero representa la distancia recorrida por los trenes comerciales (con pasajeros), y el posterior corresponde a la distancia recorrida por los trenes sin pasajeros: por ejemplo, los trenes en la zona de maniobras y en desplazamiento desde el patio-taller a una estación al inicio de la operación del día.

Se pueden calcular ambos kilometrajes a partir de los horarios de operación de la línea a lo largo del día para los diferentes tipos de días (días laborales, sábados, domingos y festivos), junto con la longitud de la línea. El cálculo es aproximado con el número de salidas por día en cada sentido para el kilometraje comercial. Para el kilometraje en vacío, cada salida es asociada con dos retornos en las terminales y, para el desplazamiento de trenes entre el patio-taller y las estaciones, se ha supuesto que todos los trenes salgan de / vuelvan al patio-taller al inicio y al fin de la operación de un día. Se revisaría la estimación luego de la modificación de las consideraciones sobre el usuario de los estacionamientos detrás de las terminales y el movimiento de los trenes sin pasajeros.

El POP propone una oferta de transporte constante (y basada sobre la demanda máxima del año 2045) en el tiempo en relación con la muy baja evolución de la demanda a lo largo de los años.

Tabla 31. - Kilometraje anual de la L2MB

Kilometraje anual	Laboral (lunes - viernes)	Sábados	Domingos y festivos	Total anual
Días de operación por año	244	52	69	365
Número de salidas por día (en los dos sentidos)	291	238	170	-
Kilometraje comercial anual (tren.km/año)	2 039 903	355 538	336 979	2 732 7320
Kilometraje en vacío anual (tren.km/año)	114 997	19 982	19 810	154 790
Kilometraje total anual (tren.km/año)	2 154 800	375 520	356 790	2 887 110

4.6. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE TRANSPORTE

4.6.1. Consumo de energía y de agua

4.6.1.1. Electricidad

Para estimar el consumo de electricidad, se consideran los dos aspectos: tracción y auxiliares baja tensión.

Tracción

Se supone que el consumo de electricidad en línea esté definido por la fórmula siguiente:

*Precio (COP/kWh) * consumo unitario (kWh / tren*km) * kilometraje anual (tren*km).*

Las consideraciones tomadas para el cálculo son:

- Precio: 355.5 COP/kWh (=90 USD/MWh * 3950 COP/USD).
- Consumo unitario: 19.6 kWh / tren*km.
- Kilometraje anual: 2 887 110 tren*km.

El consumo estimado es de 56 600 MWh por año.

Auxiliares baja tensión

El consumo anual de auxiliares de baja tensión se ha estimado como 21 200 MWh. Se supone que la proporción del consumo de auxiliares de baja tensión sobre el de tracción sea la misma durante el proyecto.

Considerando la fluctuación del precio de electricidad, el costo de consumo estimado se ha mayorado de 10%.

En total, se presentan los costos de electricidad en la siguiente tabla:

Tabla 32. - Costos de electricidad (M COP₂₀₂₁)

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

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

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
ENERGÍA										
Costo por Consumo	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427
Costo por Conexión	887	887	887	887	887	887	887	887	887	887
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
ENERGÍA										
Costo por Consumo	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427
Costo por Conexión	887	887	887	887	887	887	887	887	887	887
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
ENERGÍA										
Costo por Consumo	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427	30 427
Costo por Conexión	887	887	887	887	887	887	887	887	887	887

4.6.1.2. Agua

Para estimar el consumo de agua, se consideran los dos aspectos: en estaciones y en Patio Taller. En todos los aspectos, se supone que el precio de agua sea **4088 COP / m³**.

Estaciones

Se supone que el consumo anual de agua en una estación sea un promedio de 3667 m³.

Patio Taller

Como la PLMB, se supone que el consumo anual en Patio Taller sea:

- 4500m³ para limpieza exterior.
- 400 m³ para limpieza interna.

En total, se presentan los costos de agua en la siguiente tabla:

Tabla 33. - Costos de agua (M COP₂₀₂₁)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
AGUA										
Consumo	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
AGUA										
Consumo	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
AGUA										
Consumo	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35

4.6.2. Boletos y consumibles, sistema de recaudo

A continuación, se presenta la estimación de personal para el sistema de recaudo. Los salarios correspondientes a cada nivel son listados en Tabla 27.

Tabla 34. - Personal para el sistema de recaudo

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

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

Cargo	Clasificación por nivel	Cantidad
Jefe de billeteo	Ingeniero superior	1
Auxiliar administrativa	Trabajador	1
Profesional 1 Gestión de recaudo	Ingeniero	3
Profesional 1 Administradores	Ingeniero	3
Profesional 2 Gestión	Técnico superior	10

Se estima que el costo de mantenimiento del sistema de recaudo sea el mismo que para la PLMB. Cabe mencionar que el personal indicado se corresponde con aquél que practica las tareas de mantenimiento del sistema de recaudo, exclusivamente.

Tabla 35. - Costos del sistema de recaudo (M COP₂₀₂₁)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
SISTEMA DE RECAUDO										
Costos de Personal	738	738	738	738	738	738	738	738	738	738
Costos de Mantenimiento	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
SISTEMA DE RECAUDO										
Costos de Personal	738	738	738	738	738	738	738	738	738	738
Costos de Mantenimiento	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
SISTEMA DE RECAUDO										
Costos de Personal	738	738	738	738	738	738	738	738	738	738
Costos de Mantenimiento	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500
Costos de Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.7 UTILIDADES E IMPREVISTOS DE LA EMPRESA DE OPERACIÓN DEL METRO

Se considera un porcentaje de utilidades de 10%, así como una provisión para imprevistos (fluctuaciones de precios) de 5% del global de los costos de operación y mantenimiento. Tomando en cuenta estos datos, los costos totales son (M COP).

Tabla 36. - Costos OPEX con utilidades e imprevistos (M COP₂₀₂₁)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
TOTAL (Millones de COP) (con Utilidades e imprevistos)										
Costos	127 011	127 011	127 011	127 011	127 149	138 447	138 447	138 447	138 447	146 751
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
TOTAL (Millones de COP) (con Utilidades e imprevistos)										
Costos	138 447	138 447	138 447	312 625	312 764	312 625	140 735	140 735	140 993	167 629
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
TOTAL (Millones de COP) (con Utilidades e imprevistos)										
Costos	140 993	140 993	140 993	140 993	141 131	140 993	140 993	140 993	140 993	149 296

4.8 CÁLCULO DEL COSTO DEL TREN*KILÓMETRO

Con base en las consideraciones adoptadas, la siguiente tabla muestra un cálculo del costo del tren*kilómetro:

Tabla 37. - Cálculo del costo global tren*km

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
No. Tren*km/año	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110
Costo Tren*km (COP)	43 992	43 992	43 992	43 992	44 040	47 954	47 954	47 954	47 954	50 830
Costo Tren*km (USD)	11,14	11,14	11,14	11,14	11,15	12,14	12,14	12,14	12,14	12,87
Costo Coche*km (USD)	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,73	1,73	1,73	1,73	1,84
	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
No. Tren*km/año	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110
Costo Tren*km (COP)	47 954	47 954	47 954	108 283	108 331	108 283	48 746	48 746	48 835	58 061
Costo Tren*km (USD)	12,14	12,14	12,14	27,41	27,42	27,41	12,34	12,34	12,36	14,70
Costo Coche*km (USD)	1,73	1,73	1,73	3,92	3,92	3,92	1,76	1,76	1,77	2,10
	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061
	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
No. Tren*km/año	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110	2 887 110
Costo Tren*km (COP)	48 835	48 835	48 835	48 835	48 883	48 835	48 835	48 835	48 835	51 711
Costo Tren*km (USD)	12,36	12,36	12,36	12,36	12,37	12,36	12,36	12,36	12,36	13,09
Costo Coche*km (USD)	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,87

En 2032, el costo global del Tren*km es de **43 992 COP₂₀₂₁ (11,14 US\$₂₀₂₁)**

En 2061, el costo global del Tren*km es de **51 711 COP₂₀₂₁ (13,09 US\$₂₀₂₁)**

En Coche*km, el costo global alcanza **1,59 US\$₂₀₂₁** en **2032** y **1,87 US\$₂₀₂₁** en **2061**.

4.9. ANEXO: COSTOS OPEX DE LA L2MB

Presentado separadamente.

4.10 SUPUESTOS MACROECONÓMICOS

A continuación, se presentan los supuestos macroeconómicos utilizados tanto para el modelo de la concesión, como para el modelo EMB para realizar las actualizaciones de los costos de operación y mantenimiento de pesos constantes a precios corrientes, así como para proyectar otros insumos técnicos y demás rubros aplicables. Los supuestos macroeconómicos se manejan bajo temporalidad anual y mensual desde enero de 2022 hasta la fecha final del proyecto, diciembre de 2053. Cabe mencionar que, a medida que las fuentes de las que se obtuvo la información reporten datos más actualizados se renovará la información recopilada. Ahora bien, teniendo en cuenta que algunas deudas se encuentran en COP y otras en USD, se determinaron los supuestos macroeconómicos tanto para Colombia como para Estados Unidos.

Inicialmente, se determinan las tasas de cambio (fin de año/mes y promedio anual/mensual) a partir de los indicadores económicos de Latin Focus Consensus Forecast (marzo 2022).

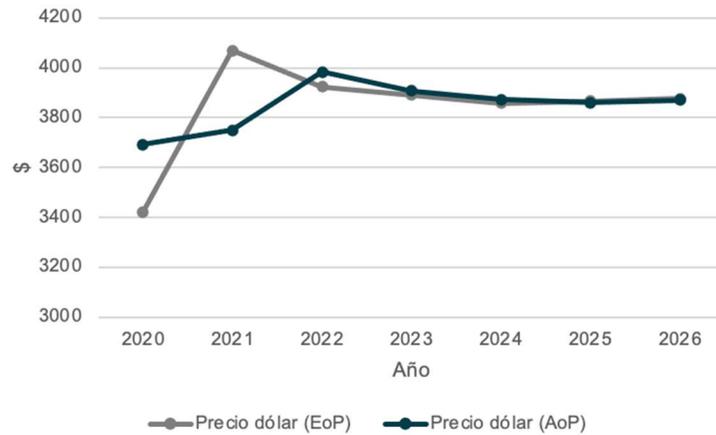


Figura 2. Comparación precio del dólar EoP y AoP.

Posteriormente, se especifica la UVR fin de año, promedio y variación anuales (Banco de la República, 2021), las tasas DTF fin de año y promedio anual (Latin Focus Consensus Forecast, 2022) y la tasa LIBOR a 1, 3 y 6 meses (Thomson Reuters, 2021).

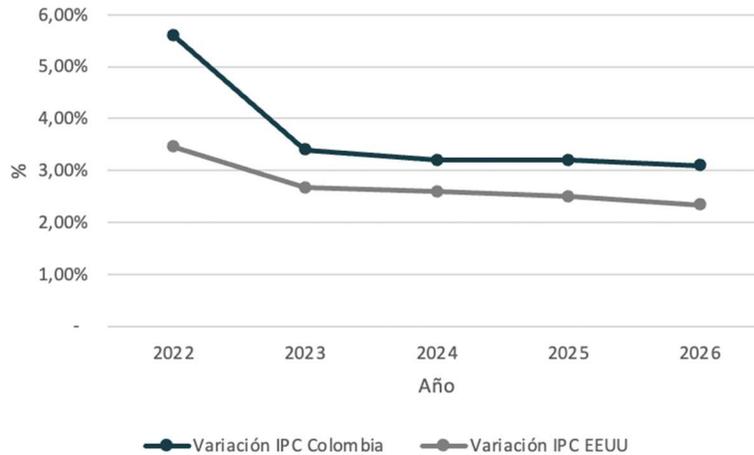


Figura 3. Comparación IPC Colombia Vs. Estados Unidos.

Finalmente, se especifica la variación del IPC (LatinFocus, 2022), el factor de indexación para Colombia y Estados Unidos y el salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV) de Colombia.

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

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

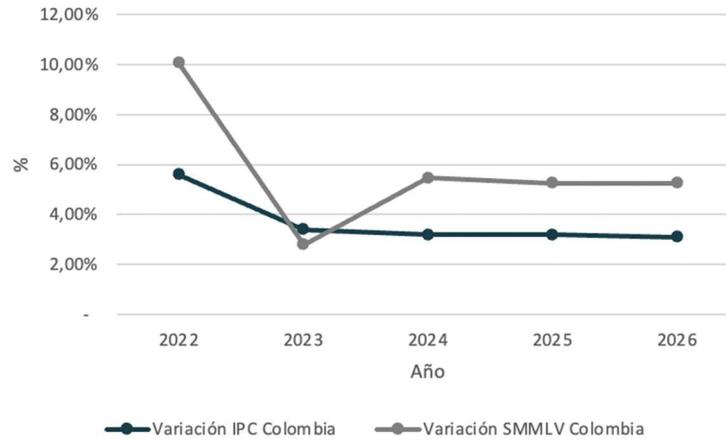


Figura 4. Comparación Variación SMMMLV Vs. Variación IPC Colombia.

A continuación, se presentan los supuestos macroeconómicos utilizados en formato de tabla para los primeros 10 años de proyección:

Tabla 38. Resumen de los supuestos macroeconómicos anuales.

Supuestos anuales		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
COP/US\$ (Fin de año) (2)	COP	3.923	3.890	3.857	3.866	3.876	3.905	3.934	3.963	3.993	4.023
COP/US\$	COP	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
COP/US\$ (Forward) (4)	COP	3.971	4.232	4.523	4.765	5.058	5.340	5.649	5.988	6.355	6.728
SMMMLV Colombia (1)	COP	2.0%	1.028.058	1.084.272	1.141.348	1.201.428	1.263.446	1.328.665	1.397.251	1.469.377	1.545.226
Variación IPC Colombia (2)	%	5,6%	3,4%	3,2%	3,2%	3,1%	3,1%	3,1%	3,1%	3,1%	3,1%
Variación IPC EEUU (3)	%	3,5%	2,7%	2,6%	2,5%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%

(1) Banco de La República. Diciembre 2021
 (2) Consensus Forecast. Latin Focus. Febrero 2022
 (3) World Economic Outlook. IMF. Octubre 2021
 (4) Bloomberg. Febrero 2022

Con respecto a la curva forward, se deja constante el valor a partir del 2025 para efectos del cálculo del monto del CAPEX, dado que se asume que se alcanza el cierre financiero a los 18 meses, por lo cual se pueden fijar las condiciones de pago de equipos, sistemas ferroviarios y material rodante.

4.11 RECAUDO DEL SISTEMA Y NECESIDAD DE APORTES DEL FET

Mediante la actualización del estudio de la demanda de transporte para la L2MB, elaborado en la fase de factibilidad del Proyecto, se determinó el sistema tarifario de transporte público de pasajeros en el Distrito de Bogotá. Ahora bien, a partir de esta información, se calculan los ingresos por la prestación del servicio (tarifas).

Los cálculos presentados en esta sección, como el recaudo del sistema y las necesidades del FET se encuentran registrados en el “Anexo 2 - Ingresos tarifa - O&M EMB”. Inicialmente, se estima la demanda de pasajeros que sean usuarios directos del sistema y los que ingresan por transbordo, como se observa en la siguiente gráfica.

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

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

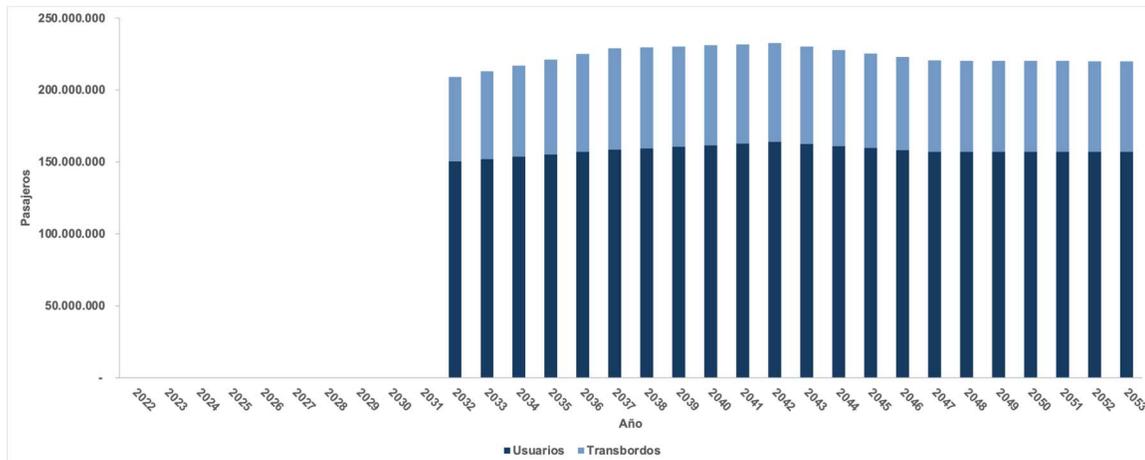


Figura 5. Estimación de demanda de pasajeros que ingresan al sistema como usuarios directos y por transbordo.

Posteriormente, a partir de las tarifas estimadas en precios de 2022, como se puede obtener en la siguiente tabla, se obtiene una proyección de las tarifas la cual corresponde a las proyecciones realizadas por TMSA. Como se mencionó anteriormente, los componentes K y L tienen como fuente de financiación el recaudo por tarifas expuesto en esta sección, así como el FET en caso de requerirse.

Tabla 39. Tarifas a los usuarios del SITP por categoría (pesos corrientes).

Tarifa usuario	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
General	\$ 2.650	\$ 2.700	\$ 2.800	\$ 2.900	\$ 3.000	\$ 3.200	\$ 3.300	\$ 3.400	\$ 3.600	\$ 3.700	\$ 3.800
Adulto mayor	\$ 2.160	\$ 2.250	\$ 2.340	\$ 2.430	\$ 2.520	\$ 2.610	\$ 2.700	\$ 2.880	\$ 2.970	\$ 3.060	\$ 3.240
Sisbén	\$ 1.800	\$ 1.875	\$ 1.950	\$ 2.025	\$ 2.100	\$ 2.175	\$ 2.250	\$ 2.400	\$ 2.475	\$ 2.550	\$ 2.700
Discapacidad	\$ 2.650	\$ 2.700	\$ 2.800	\$ 2.900	\$ 3.000	\$ 3.200	\$ 3.300	\$ 3.400	\$ 3.600	\$ 3.700	\$ 3.800
General Zonal	\$ 2.450	\$ 2.500	\$ 2.600	\$ 2.700	\$ 2.800	\$ 3.000	\$ 3.100	\$ 3.200	\$ 3.400	\$ 3.500	\$ 3.600

Ahora bien, en pesos constantes de diciembre de 2021 las tarifas corresponden a los siguientes montos. Para determinarlos se utilizó la inflación mensual de diciembre de 2021 que equivale al 0,73%, la cual fue tomada de los datos históricos de inflación del Banco de la República.

Tabla 40. Mecanismos de pago por tipo de contrato.

Ingresos de recaudo COP (pesos 2021)	
Tarifa metro (general)	\$ 2.631
Adulto mayor	\$ 2.144
Sisben	\$ 1.787
Discapacidad	\$ 2.631
Transbordos TM - Metro	\$ -
Transbordos Zonal - Metro	\$ 199
Transbordos Intermunicipal	\$ 2.631

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

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

Ahora bien, se calcula la tarifa usuario con transbordo y sin transbordo. Por un lado, la tarifa usuario sumando los transbordos se determina como los ingresos por recaudo de los usuarios incluyendo los transbordos sobre el total de usuarios incluyendo transbordo y equivale a un valor de 1.800 COP en pesos constantes de diciembre de 2021 redondeada a la centena más cercana. Por otro lado, la tarifa usuario sin usuarios que realizan transbordo (solo abordajes iniciales) se determina como los ingresos por recaudo de los usuarios sin incluir transbordo sobre el total de usuarios sin incluir transbordo y equivale a un valor de 2.500 COP en pesos constantes de diciembre de 2021 redondeada a la centena más cercana.

Según lo analizado anteriormente, a partir de la estimación de la demanda de pasajeros (directos y por trasbordo) y de la tarifa del sistema se calculan los ingresos por recaudo totales de la L2MB, como se observa en la siguiente tabla y posteriormente se encuentran de forma gráfica estos mismos resultados.

Tabla 41. Ingresos por recaudo.

				2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	
Ingresos de recaudo Anual															
PxQ	Unidades	Precios													
Ingresos usuarios	15.537.278	COP/Mn	Comentarios	500.820	519.501	538.464	557.709	577.236	597.045	615.087	632.920	651.330	669.929	689.142	
Adulto mayor	530.386	COP/Mn	Comentarios	17.295	17.804	18.538	19.283	20.039	20.807	21.515	22.217	22.939	23.670	24.423	
Siabén	847.627	COP/Mn	Comentarios	26.389	27.659	28.951	30.263	31.596	32.950	34.210	35.463	36.751	38.054	39.394	
Discapacidad	407.710	COP/Mn	Comentarios	13.142	13.632	14.130	14.635	15.147	15.667	16.140	16.608	17.091	17.579	18.084	
Transbordos TM - Metro	-	COP/Mn	Comentarios	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Transbordo Zonal Metro	26.085	COP/Mn	Comentarios	1.794	1.835	1.874	1.910	1.945	1.976	1.966	1.955	1.945	1.934	1.924	
Ingresos recaudo	17.349.086	COP/Mn	Comentarios	559.440	580.431	601.956	623.800	645.963	668.445	688.918	709.163	730.057	751.166	772.966	

				2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053
Ingresos de recaudo Anual														
PxQ	Unidades	Precios												
Ingresos usuarios	15.537.278	COP/Mn	Comentarios	697.592	719.731	741.567	762.921	784.001	811.556	838.956	866.512	894.071	921.808	949.379
Adulto mayor	530.386	COP/Mn	Comentarios	24.794	25.149	25.501	25.843	26.183	26.741	27.295	28.411	29.526	30.648	31.764
Siabén	847.627	COP/Mn	Comentarios	40.119	40.816	41.505	42.176	42.840	43.863	44.877	45.900	46.922	47.954	48.977
Discapacidad	407.710	COP/Mn	Comentarios	18.305	18.886	19.459	20.020	20.573	21.296	22.015	22.738	23.461	24.189	24.912
Transbordos TM - Metro	-	COP/Mn	Comentarios	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transbordo Zonal Metro	26.085	COP/Mn	Comentarios	1.570	1.227	893	570	256	205	153	102	51	0	-
Ingresos recaudo	17.349.086	COP/Mn	Comentarios	782.381	805.809	828.925	851.529	873.853	903.661	933.296	963.662	994.032	1.024.599	1.055.033

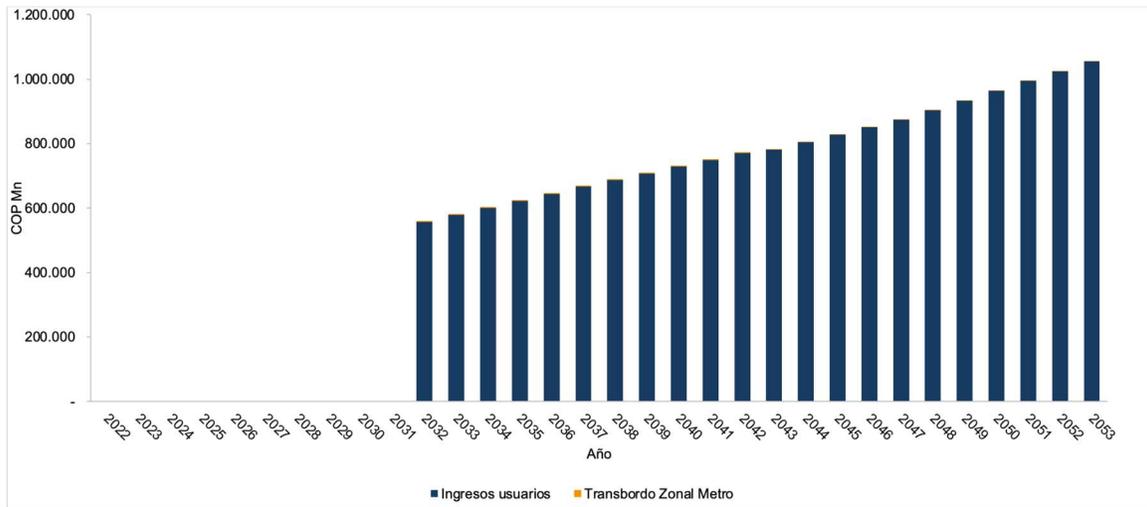


Figura 6. Ingresos de recaudo por usuarios directos y transbordo.

Teniendo en cuenta que en el modelo del concesionario se calculan los componentes K (Fijo) y L (Variable) de los mecanismos de pago definidos, estos deben ser cubiertos con ingresos adicionales del sistema. En el Anexo 1 - Formación pagos O&M, se encuentran los cálculos para pasar de la plantilla OPEX técnico al OPEX del modelo financiero:

Se tomaron los datos del año 1 al año 24 de la plantilla de OPEX técnico que corresponden a los años de operación y mantenimiento del proyecto y se clasifican en costos fijos y variables. Dentro de los costos fijos se encuentran los costos

de personal, costos de operación, costos de energía y costos de agua; y, dentro de los costos variables se encuentran los costos de mantenimiento. Posteriormente, se actualizaron los costos fijos y variables utilizando la inflación del modelo financiero que se obtuvo del Consensus Forecast Latin Focus de marzo de 2022 y se realizó una proyección hasta el año 2053.

Formación del pago componente K (costos fijos):

- Se toman los costos fijos (en pesos constantes de enero de 2022) desde la fecha de inicio y fin de la etapa de operación y mantenimiento se calcula un pago periódico constante para todos los meses.
- A los pagos periódicos calculados anteriormente se les aplica la inflación proyectada para convertirlos a pesos corrientes.

Formación del pago componente L (costos variables):

- Se calcula el precio por kilómetro recorrido anual a partir del promedio de los costos variables anuales (en pesos constantes de enero de 2022) y se divide por los kilómetros recorridos anuales para hallar los costos variables por kilómetro anual.
- Posteriormente se divide entre 12 para determinar los costos variables por kilómetro recorrido mensual y se les aplica un margen para determinar el precio final por kilómetro recorrido mensual.
- Se multiplica el precio final por kilómetro recorrido mensual por los kilómetros recorridos mensuales y se aplica la inflación proyectada para convertirlos a pesos corrientes.

El OPEX total asciende a 3.486.523 COP MM (en pesos constantes de diciembre de 2021), de los cuales 2.093.540 COP Mn corresponden a costos fijos y 1.392.983 COP Mn corresponden a costos variables.

Tabla 42. OPEX del proyecto separado por costos.

Negocio	COP Mn Constantes (1)
Costos fijos	2.093.540 (60,05%)
Costos variables	1.392.983 (39,95%)
Total	3.486.523

(1) Pesos constantes de diciembre de 2021.

Los costos asociados a la operación y mantenimiento del proyecto están incluidos en los siguientes componentes dentro de la concepción del SITP de la ciudad:

Tabla 43. Descripción costos de la etapa de operación y mantenimiento del proyecto

Componente	Descripción
K (Fijo) operación de la línea	A ejecutar y remunerar en el contrato principal
L (Variable) operación de la línea	A ejecutar y remunerar en el contrato principal
Costos de operación y gestión de recaudo de tarifas	Se ejecutará por medio de un contrato independiente según se defina el esquema de recaudo con la SDM
Costo de fiducia para recaudo de tarifas del sistema integrado	Se asume que los recursos recaudados por los distintos actores se recauden en una única cuenta. Esta actividad está contemplada dentro de los costos agregados del SITP y su valor es presentado por TMSA en su informe de sistema.

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

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

Costos de funcionamiento Ente Gestor de la línea 2 – EMB	La proyección de estos costos se presenta en detalle en el documento B. <i>Esquema Institucional</i> y es financiado con gastos de funcionamiento del Distrito.
--	---

-Componentes K (Fijo) y L (Variable) relacionados con la operación y mantenimiento de la línea

Tabla 44. Proyección remuneración de O&M L2MB (Millones pesos corrientes)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
K (Fijo)	\$ 178.710	\$ 184.250	\$ 189.962	\$ 195.850	\$ 201.922	\$ 208.181	\$ 214.635	\$ 221.289	\$ 228.149
L (Variable)	\$ 103.399	\$ 106.604	\$ 109.909	\$ 113.316	\$ 116.829	\$ 120.451	\$ 124.184	\$ 128.034	\$ 132.003
Total O&M de la línea	\$ 282.109	\$ 290.854	\$ 299.870	\$ 309.166	\$ 318.751	\$ 328.632	\$ 338.820	\$ 349.323	\$ 360.152

	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049
K (Fijo)	\$ 235.221	\$ 242.513	\$ 250.031	\$ 257.782	\$ 265.773	\$ 274.012	\$ 282.507	\$ 291.264	\$ 300.293
L (Variable)	\$ 136.095	\$ 140.314	\$ 144.664	\$ 149.149	\$ 153.772	\$ 158.539	\$ 163.454	\$ 168.521	\$ 173.745
Total O&M de la línea	\$ 371.317	\$ 382.827	\$ 394.695	\$ 406.931	\$ 419.545	\$ 432.551	\$ 445.960	\$ 459.785	\$ 474.039

	2050	2051	2052	2053
K (Fijo)	\$ 309.603	\$ 319.200	\$ 329.095	\$ 339.297
L (Variable)	\$ 179.131	\$ 184.684	\$ 190.410	\$ 196.312
Total O&M de la línea	\$ 488.734	\$ 503.885	\$ 519.505	\$ 535.610

- Costos de operación y gestión de recaudo

Adicionalmente, existe un costo adicional en el agente recaudador para el cual se asume una tasa fija de 1,569% sobre los ingresos de recaudo, tomando como referencia esta tasa que incurre TMSA en la operación y gestión del recaudo del SITP con su contrato de recaudo actual. Esta actividad solo incluye la gestión del recaudo, los costos de inversión de los equipos de validación y recarga están incluidos en el CAPEX y su mantenimiento están incorporados los componentes K (Fijo). Al realizar la diferencia entre los ingresos por recaudo y los costos de recaudo se obtiene el recaudo neto después de costos, el cual tiene un valor total de 15.301.750 COP MM en precios corrientes.

Tabla 45. Proyección remuneración operación y mantenimiento, incluido gestión de recaudo (Millones pesos corrientes)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
K (Fijo) y L (Variable)	\$ 282.109	\$ 290.854	\$ 299.870	\$ 309.166	\$ 318.751	\$ 328.632	\$ 338.820	\$ 349.323	\$ 360.152
Costo de recaudo	\$ 8.792	\$ 9.123	\$ 9.461	\$ 9.805	\$ 10.154	\$ 10.508	\$ 10.829	\$ 11.146	\$ 11.473
Total costos operativos	\$ 290.901	\$ 299.977	\$ 309.332	\$ 318.972	\$ 328.905	\$ 339.140	\$ 349.648	\$ 360.469	\$ 371.625

	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049
K (Fijo) y L (Variable)	\$ 371.317	\$ 382.827	\$ 394.695	\$ 406.931	\$ 419.545	\$ 432.551	\$ 445.960	\$ 459.785	\$ 474.039
Costo de recaudo	\$ 11.804	\$ 12.145	\$ 12.292	\$ 12.659	\$ 13.021	\$ 13.375	\$ 13.725	\$ 14.194	\$ 14.659
Total costos operativos	\$ 383.120	\$ 394.972	\$ 406.987	\$ 419.590	\$ 432.566	\$ 445.926	\$ 459.686	\$ 473.979	\$ 488.698

	2050	2051	2052	2053
K (Fijo) y L (Variable)	\$ 488.734	\$ 503.885	\$ 519.505	\$ 535.610
Costo de recaudo	\$ 15.136	\$ 15.613	\$ 16.093	\$ 16.570

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

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

Total costos operativos	\$ 503.870	\$ 519.498	\$ 535.598	\$ 552.180
--------------------------------	------------	------------	------------	------------

La memoria de cálculo se encuentra en detalle en el Anexo 2 Ingresos tarifa - O&M EMB en la hoja “Tarifas” para cada uno de los años. La tarifa técnica se determina como el total de pagos relacionados con la operación y mantenimiento al concesionario (componentes K y L) sobre el total de usuarios que ingresan al sistema. La tarifa técnica promedio redondeada a la decena más cercana equivale a un valor de 950 COP en pesos constantes de diciembre de 2021.

Ahora bien, teniendo en cuenta el diferencial entre el recaudo neto después de costos por las validaciones y los transbordos de la L2MB, y los costos asociados a los pagos realizados al concesionario de operación y mantenimiento que corresponden a los componentes K (Fijo) y L (Variable) de los mecanismos de pago definidos, se identifica que los pagos por componentes cubren la operación del sistema bajo el presente escenario de modelación de la demanda, lo cual significa que no se requieren aportes del Fondo de Estabilización Tarifaria (en adelante FET), para garantizar el sostenimiento del proyecto durante el plazo de la concesión. No obstante, el FET se debe mantener como respaldo, en caso de no llegarse a recaudar lo proyectado.

En la siguiente gráfica se presentan los ingresos por recaudo y los costos de operación y mantenimiento del sistema en el escenario Diseño.

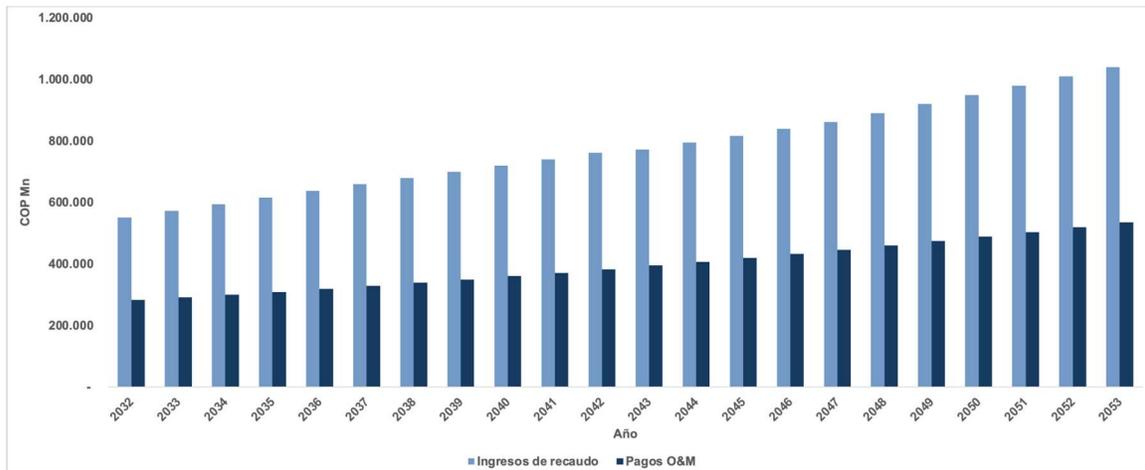


Figura 7. Ingresos por recaudo y pagos al concesionario Escenario Diseño.

Bajo este pronóstico de demanda, no se requerirían recursos del FET. Finalmente, con la proyección de demanda del proyecto y la totalidad de los pagos asociados al componente de Operación y Mantenimiento estimados producto de la estructuración técnica, se puede determinar la tarifa técnica del proyecto como la fracción entre la cantidad de abordajes al sistema sobre los pagos a realizar para un periodo en particular.

Tabla 46. Balance ingresos y costos de la L2MB (Millones pesos corrientes)

	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Ingresos recaudo tarifas L2	\$ 560.378	\$ 581.433	\$ 603.023	\$ 624.935	\$ 647.168	\$ 669.722	\$ 690.163	\$ 710.372	\$ 731.229
Total Costos O&M L2	\$ 290.901	\$ 299.977	\$ 309.332	\$ 318.972	\$ 328.905	\$ 339.140	\$ 349.648	\$ 360.469	\$ 371.625

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

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

Balance L2MB	\$ 269.477	\$ 281.456	\$ 293.691	\$ 305.963	\$ 318.263	\$ 330.582	\$ 340.514	\$ 349.904	\$ 359.604
---------------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049
Ingresos recaudo tarifas L2	\$ 752.300	\$ 774.058	\$ 783.420	\$ 806.812	\$ 829.890	\$ 852.450	\$ 874.793	\$ 904.632	\$ 934.298
Total Costos O&M L2	\$ 383.120	\$ 394.972	\$ 406.987	\$ 419.590	\$ 432.566	\$ 445.926	\$ 459.686	\$ 473.979	\$ 488.698
Balance L2MB	\$ 369.179	\$ 379.085	\$ 376.433	\$ 387.223	\$ 397.323	\$ 406.524	\$ 415.107	\$ 430.653	\$ 445.600

	2050	2051	2052	2053
Ingresos recaudo tarifas L2	\$ 964.696	\$ 995.097	\$ 1.025.665	\$ 1.056.099
Total Costos O&M L2	\$ 503.870	\$ 519.498	\$ 535.598	\$ 552.180
Balance L2MB	\$ 460.826	\$ 475.599	\$ 490.068	\$ 503.919

Desde el punto de vista netamente operacional se proyecta que la L2MB generará un superávit desde su inicio de operación, el cual se estima en cerca \$ 279 mil millones de pesos en el año 2032 y hasta \$ 530 mil millones de pesos en el año 2053. En términos constante este superávit corresponde en promedio a cerca de \$ 194 mil millones de pesos, en pesos constantes de enero 2022.

Este impacto aislado del proyecto L2MB también es posible traducirlo a un balance dentro del componente Metro al proyectar su efecto en conjunto con la relación de ingresos y costos generados en el proyecto Línea 1. Para este fin es preciso adicionar un nuevo componente de costos correspondiente a los costos de funcionamiento de la Empresa Metro como ente gestor de las dos líneas de metro proyectadas, así como sus costos de operación e ingresos por recaudo de tarifas al usuario. El balance se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 47. Balance ingresos y costos de la L2MB en componente Metro (Millones pesos corrientes)

	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Ingresos recaudo tarifas L2					\$ 560.378	\$ 581.433	\$ 603.023	\$ 624.935	\$ 647.168
Ingresos recaudo tarifas L1	\$ 365.406	\$ 448.822	\$ 468.502	\$ 485.894	\$ 499.363	\$ 516.006	\$ 533.166	\$ 550.808	\$ 568.948
Total ingresos metro	\$ 365.406	\$ 448.822	\$ 468.502	\$ 485.894	\$ 1.059.740	\$ 1.097.439	\$ 1.136.189	\$ 1.175.743	\$ 1.216.116
Total Costos O&M L2					\$ 290.901	\$ 299.977	\$ 309.332	\$ 318.972	\$ 328.905
Total Costos O&M L1	\$ 315.548	\$ 387.388	\$ 404.409	\$ 416.036	\$ 427.749	\$ 418.502	\$ 428.582	\$ 441.555	\$ 454.921

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

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

Total costos metro	\$ 315.548	\$ 387.388	\$ 404.409	\$ 416.036	\$ 718.650	\$ 718.479	\$ 737.914	\$ 760.527	\$ 783.826
Balance Operativo Metro	\$ 49.857	\$ 61.433	\$ 64.093	\$ 69.858	\$ 341.090	\$ 378.961	\$ 398.275	\$ 415.215	\$ 432.290
Costo Ente Gestor	\$ 63.204	\$ 81.945	\$ 84.403	\$ 86.935	\$ 89.543	\$ 92.230	\$ 94.996	\$ 97.846	\$ 100.782
Balance Componente Metro	-\$ 13.347	-\$ 20.511	-\$ 20.310	-\$ 17.077	\$ 251.547	\$ 286.731	\$ 303.279	\$ 317.369	\$ 331.508
	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Ingresos recaudo tarifas L2	\$ 669.722	\$ 690.163	\$ 710.372	\$ 560.378	\$ 731.229	\$ 752.300	\$ 774.058	\$ 783.420	\$ 806.812
Ingresos recaudo tarifas L1	\$ 587.521	\$ 605.715	\$ 624.401	\$ 643.596	\$ 663.318	\$ 683.690	\$ 701.922	\$ 723.690	\$ 745.909
Total ingresos metro	\$ 1.257.243	\$ 1.295.877	\$ 1.334.773	\$ 1.374.825	\$ 1.415.617	\$ 1.457.748	\$ 1.485.342	\$ 1.530.502	\$ 1.575.798
Total Costos O&M L2	\$ 339.140	\$ 349.648	\$ 360.469	\$ 371.625	\$ 383.120	\$ 394.972	\$ 406.987	\$ 419.590	\$ 432.566
Total Costos O&M L1	\$ 460.744	\$ 474.667	\$ 489.009	\$ 503.784	\$ 519.004	\$ 543.306	\$ 559.676	\$ 576.587	\$ 594.006
Total costos metro	\$ 799.884	\$ 824.315	\$ 849.478	\$ 875.408	\$ 902.124	\$ 938.279	\$ 966.663	\$ 996.177	\$ 1.026.572
Balance Operativo Metro	\$ 457.359	\$ 471.562	\$ 485.295	\$ 499.417	\$ 513.494	\$ 519.469	\$ 518.679	\$ 534.325	\$ 549.226
Costo Ente Gestor	\$ 103.805	\$ 106.919	\$ 110.127	\$ 113.431	\$ 116.834	\$ 120.339	\$ 123.949	\$ 127.667	\$ 131.497
Balance Componente Metro	\$ 353.554	\$ 364.643	\$ 375.169	\$ 385.986	\$ 396.660	\$ 399.130	\$ 394.730	\$ 406.658	\$ 417.729
	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	
Ingresos recaudo tarifas L2	\$ 829.890	\$ 852.450	\$ 874.793	\$ 904.632	\$ 964.696	\$ 995.097	\$ 1.025.665	\$ 1.056.099	
Ingresos recaudo tarifas L1	\$ 768.606	\$ 791.249	\$ 818.150	\$ 845.761	\$ 874.219	\$ 903.438	\$ 933.384	\$ 964.378	
Total ingresos metro	\$ 1.621.056	\$ 1.666.042	\$ 1.722.782	\$ 1.780.059	\$ 1.838.915	\$ 1.898.535	\$ 1.959.050	\$ 2.020.477	
Total Costos O&M L2	\$ 445.926	\$ 459.686	\$ 473.979	\$ 488.698	\$ 503.870	\$ 519.498	\$ 535.598	\$ 552.180	
Total Costos O&M L1	\$ 611.948	\$ 626.363	\$ 645.323	\$ 664.854	\$ 684.974	\$ 705.701	\$ 727.051	\$ 747.606	

Total costos metro	\$ 1.057.874	\$ 1.086.049	\$ 1.119.302	\$ 1.153.551	\$ 1.188.844	\$ 1.225.199	\$ 1.262.649	\$ 1.301.231
Balance Operativo Metro	\$ 563.182	\$ 579.993	\$ 603.480	\$ 626.508	\$ 650.071	\$ 673.336	\$ 696.401	\$ 719.451
Costo Ente Gestor	\$ 135.442	\$ 139.506	\$ 143.691	\$ 148.001	\$ 152.441	\$ 157.015	\$ 161.725	\$ 166.577
Balance Componente Metro	\$ 427.740	\$ 440.487	\$ 459.789	\$ 478.506	\$ 497.629	\$ 516.321	\$ 534.676	\$ 552.875

Para el año de inicio de operación (2032) se estima que los ingresos por recaudo de tarifas al usuario del componente metro podrían ascender a \$ 1.059 mil millones de pesos corrientes, mientras que los costos de operación de las dos líneas, incluido el costo de ente gestor, se estima en cerca de \$ 808 mil millones de pesos corrientes. Lo anterior resultaría en un balance anual del componente metro de cerca de \$ 252 mil millones pesos corrientes de 2032 o un equivalente anual de \$ 175 mil millones de pesos constantes (enero 2022). Tal como se evidencia en el detalle presentado en el *Anexo 2 Ingresos tarifa - O&M EMB*, este balance positivo se mantendría a largo plazo entre \$ 175 mil millones y \$ 211 mil millones de pesos anuales, en valores constantes de enero de 2022.

En términos del balance, sin incluir los costos de funcionamiento del ente gestor (que corresponde a \$ 89.543 mil millones pesos corrientes en 2032), se estima un valor anual del de cerca de \$ 341 mil millones pesos corrientes de 2032 o un equivalente anual de \$ 237 mil millones de pesos constantes (enero 2022). Tal como se evidencia en el detalle presentado en el *Anexo 2 Ingresos tarifa - O&M EMB*, este balance positivo se mantendría a largo plazo entre \$ 237 mil millones y \$ 273 mil millones de pesos anuales, en valores constantes de enero de 2022.

Se realiza esta distinción entre el balance del componente metro con y sin los costos asociados de funcionamiento del Ente gestor, porque este último es el que se ve reflejado en las cuentas unificadas del sistema integrado de transporte que consolida Transmilenio S.A. y del cual se proyectan las necesidades de recursos del Fondo de Estabilización Tarifaria (FET). Tal como se indica en el documento del requisito *B. Definición del esquema institucional*, los gastos de funcionamiento de la empresa metro están proyectados y contemplados en las cuentas financieras de la entidad, mientras que los ingresos tarifarios y costos operaciones de las líneas se incorporan en las cuentas financieras del SITP, en conjunto con las cifras de los otros modos del sistema a cargo de Transmilenio S.A. El impacto aislado de la L2MB, calculado anteriormente y el impacto asociado que tiene este proyecto en los otros modos del sistema integrado se presenta en el documento *F. Identificación de fuentes de pago para alimentar el fondo de estabilidad tarifaria*. Ese documento muestra el balance neto del sistema generado por la entrada en operación del proyecto L2MB, en donde se incorporan los ingresos tarifarios y costos operacionales generados por el proyecto, pero también el descenso en los ingresos tarifarios y costos operacionales que incurrirían los otros modos del SITP por la demanda que es trasladada a la L2MB. Aun cuando la estimación del superávit generado por el proyecto L2MB es un punto de partida, el balance final del sistema depende de los ajustes de operación y remuneración que se puedan incorporar en los contratos de operación y provisión de flota de los demás componentes del SITP.

4.10.1. Escenarios de sensibilidad

I. Sensibilidad del precio de la energía

En el modelo Concesión se realizó una sensibilidad en el precio de la energía, específicamente con un aumento del 10% y una disminución del 10% de esta para observar su efecto en los costos operacionales del proyecto. En el escenario base de OPEX se contaba con un precio de 355,5 COP/kWh (en pesos constantes de diciembre del 2021), con lo cual al sensibilizarse con un aumento del 10% se obtiene un precio de 391,05 COP/kWh y al sensibilizarse con

una disminución del 10% se obtiene un precio de 319,95 COP/kWh. A continuación, se presenta una tabla de resumen con los resultados obtenidos:

Tabla 43. Sensibilidad precio de la energía en el total del OPEX.

Escenario	OPEX (COP MM)	Variación del OPEX (%)
Base	3.486.523	-
Aumento 10 % del precio de la energía	3.553.461	1,92
Disminución 10% del precio de la energía	3.419.584	-1,92

Finalmente, se puede observar que tanto en un aumento como en una disminución del 10% del costo de la energía se presenta una variación del 1,92% del valor total del OPEX del proyecto.

II. Sensibilidad en la demanda de pasajeros del proyecto

Se realizaron dos escenarios de sensibilidad sobre las proyecciones de abordajes durante el plazo de operación del proyecto, para verificar su impacto sobre los ingresos del escenario Diseño de demanda. En el “Anexo 2 - Ingresos tarifa - O&M EMB” se encuentra el registro de los cálculos de estas sensibilidades. En este sentido, a continuación, se menciona cada escenario de demanda y se presenta su resultado en términos de abordajes anuales:

- **Escenario Diseño:**
Escenario Diseño es utilizado para el dimensionamiento del OPEX del proyecto. Sus supuestos se explican en el documento: 1 Modelo de Transporte (Demanda). Este escenario tiene un tiempo de acceso a estaciones de 2,5 minutos. Este se encuentra en el “Anexo 2 - Ingresos tarifa - O&M EMB” en la hoja “O&M” entre la fila 14 y la 107.
- **Escenario 1:**
Escenario donde se sensibiliza el tiempo de acceso a estaciones. El tiempo reportado por el modelo de transporte para estaciones de la L2MB es de 4,0 minutos sobre el atributo de nodo. Este se encuentra en el “Anexo 2 - Ingresos tarifa - O&M EMB” en la hoja “O&M” entre la fila 108 y la 191.
- **Escenario 2:**
Escenario donde se sensibiliza el tiempo de acceso a estaciones y se adiciona una penalidad de transferencia. El tiempo reportado por el modelo de transporte para estaciones de la L2MB es de 4,0 min sobre el atributo de nodo. La penalidad de transbordo a la L2MB, este escenario tiene un 20% más de penalidad de transbordo. Este se encuentra en el “Anexo 2 - Ingresos tarifa - O&M EMB” en la hoja “O&M” entre la fila 192 y la 275.

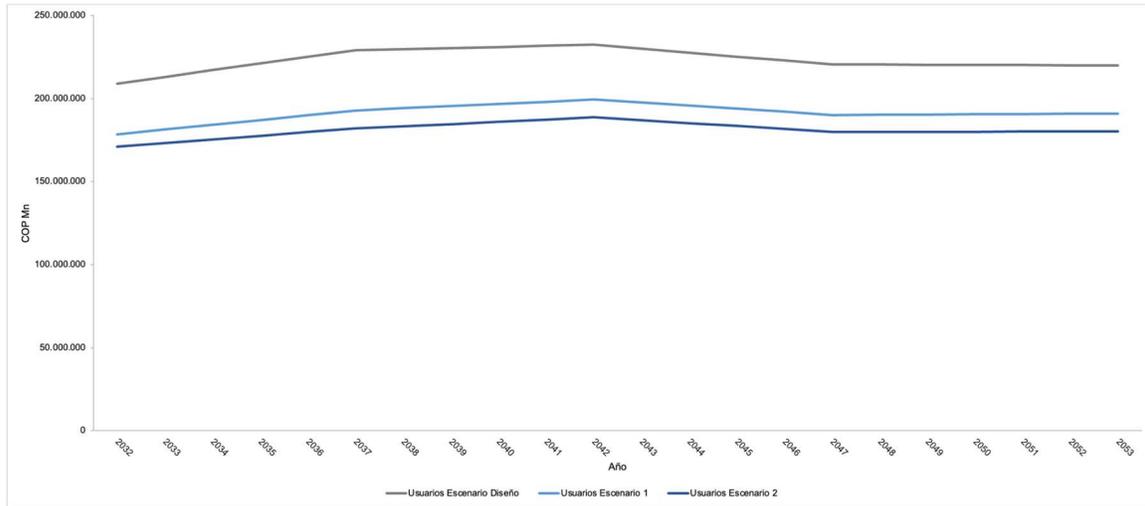


Figura 8. Comparativo de los escenarios de demanda en abordajes anuales.

Utilizando los anteriores datos de demanda se procede a calcular los ingresos por recaudo, teniendo en cuenta la estructura tarifaria mencionada en el capítulo “RECAUDO DEL SISTEMA Y NECESIDAD DE APORTES DEL FET”. A continuación, se presenta el total del recaudo en pesos constantes de 2021 para el escenario base y los dos escenarios de sensibilidad:

Tabla 44. Resumen escenarios de demanda (pesos constantes de diciembre de 2021).

Escenario	Ingresos por recaudo (COP MM)	Variación de los ingresos (%)
Diseño	8.731.225	-
Escenario 1	7.903.505	- 9,48
Escenario 2	7.808.527	-10,57

Ahora bien, teniendo en cuenta los ingresos por recaudo expuestos anteriormente y los costos asociados a los pagos realizados al concesionario de operación y mantenimiento que corresponden a los componentes K (Fijo) y L (Variable) de los mecanismos de pago definidos, se identifica que los pagos por componentes cubren la operación del sistema bajo los escenarios de modelación de la demanda, lo cual significa que no se requieren aportes del Fondo de Estabilización Tarifaria (en adelante FET), para garantizar el sostenimiento del proyecto durante el plazo de la concesión. No obstante, el FET se debe mantener como respaldo, en caso de no llegarse a recaudar lo proyectado.

Tabla 45. Resumen superávit del FET (pesos constantes de diciembre de 2021).

Escenario	Superávit FET (COP MM)	Variación (%)
Diseño	4.223.595	-
Escenario 1	3.408.862	- 19,29
Escenario 2	3.315.375	-21,50

En la siguiente gráfica se presentan los ingresos por recaudo y los costos de operación y mantenimiento del sistema en el Escenario Diseño.

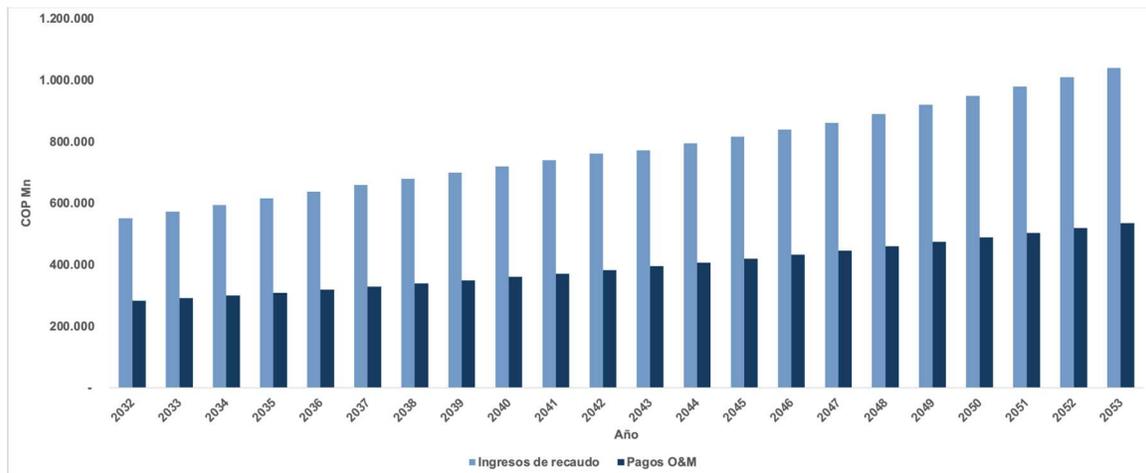


Figura 9. Ingresos por recaudo y pagos al concesionario Escenario Diseño.

En la siguiente gráfica se presentan los ingresos por recaudo y los costos de operación y mantenimiento del sistema en el Escenario 1.

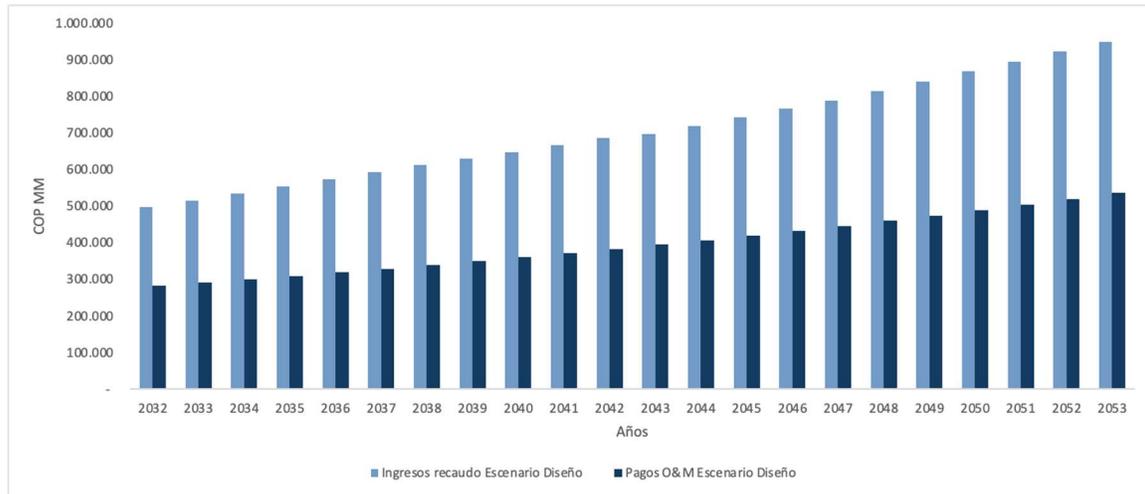


Figura 10. Ingresos por recaudo y pagos al concesionario Escenario 1.

En la siguiente gráfica se presentan los ingresos por recaudo y los costos de operación y mantenimiento del sistema en el Escenario 2.

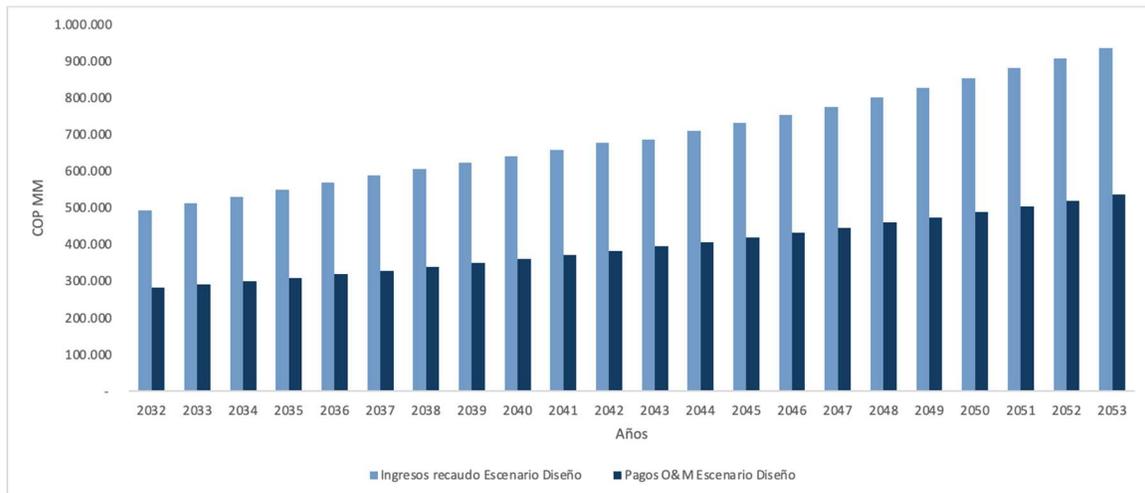


Figura 11. Ingresos por recaudo y pagos al concesionario Escenario 2.

En los tres escenarios expuestos no se requerirían recursos del FET. Finalmente, con la proyección de demanda del proyecto y la totalidad de los pagos asociados al componente de Operación y Mantenimiento estimados producto de la estructuración técnica, se puede determinar la tarifa técnica del proyecto como la fracción entre la cantidad de abordajes al sistema sobre los pagos a realizar para un periodo en particular.

III. Sensibilidad del OPEX ante cambios en la TRM

Teniendo en cuenta que dentro del total del OPEX únicamente el 15% está denominado en dólares, se procede a realizar una sensibilidad sobre los costos catalogados dentro de la operación y mantenimiento, excluyendo los costos

relacionados a los servicios públicos (agua, energía, entre otros), costos de personal y administrativos debido a que estos corresponden a rubros denominados en pesos colombianos.

Ahora bien, se realiza la sensibilidad sobre el tipo de cambio proyectando que este incremente en un 10% calculado sobre la base de un tipo de cambio de 4.000 COP. A continuación, se presentan los costos de OPEX obtenidos en este ejercicio y se comparan con los valores base en pesos constantes de diciembre de 2021.

Tabla 45. Resumen valores de OPEX (pesos constantes de diciembre de 2021).

Escenario	OPEX (COP MM)	Variación del OPEX (%)
TRM base	3.486.523	-
TRM + 10%	3.539.817	1,53

Adicionalmente, se presenta gráficamente el aumento del OPEX en esta sensibilidad en comparación con el escenario base.



Figura 12. Comparación gráfica entre el escenario base y la sensibilidad TRM +10%.

Finalmente, se observa un aumento del 1,53% del valor del OPEX al aplicar una TRM + 10%.

4.12. APÉNDICE

Tabla A 1: Costos de mantenimiento en estaciones

Estación elevada (1 estación)	Valor Anual / Unidad (M COP ₂₀₂₁)	Cantidad anual
Obras civiles (Externo)	85	1
Obras civiles (Interno)	7,9	1
Zonas Verdes	19	1
Puertas de Andén	0,7	56
Ascensores	5,3	8
Escaleras Electromecánicas	11	15
Aires acondicionados	1,5	50
Iluminación y Fuerza Estaciones	106	1
Sist. Contra incendios Estaciones	2,8	1
Apantallamiento Estaciones	0,007	1
Señalética de estaciones	3,8	1
Estación subterránea (10 estaciones)		
Obras civiles (Externo)	128	10
Obras civiles (Interno)	12	10
Zonas Verdes	0	0
Puertas de Andén	0,7	560
Ascensores	5,3	60
Escaleras Electromecánicas	11	200
Aires acondicionados	1,5	500
Iluminación y Fuerza Estaciones	106	10
Sist. Contra incendios Estaciones	9,9	10
Apantallamiento Estaciones	0,007	10
señalética de estaciones	3,8	10

Tabla A 2: Costos de operación de soporte y de administrativo

	Valor Anual / Unidad (M COP ₂₀₂₁)	Cantidad anual
Honorarios Asesoría Jurídica	299	1
Estudios de Movilidad	396	1
Estudio Nivel de satisfacción de usuarios	85	1
Honorarios asesores tributarios	13	1
Honorarios de Revisoría Fiscal	295	1
Útiles y papelería	0,8	98

Cafetería	0,1	616
Servicios Públicos	19	1
Viáticos Nacionales	1,2	78
Viáticos Internacionales	6,3	20
Tiquetes Nacionales	1,0	78
Tiquetes Internacionales	14	20
Fotocopias	71	1
Contrato de mensajería nacional e internacional	45	1
Transporte de Personal	1,9	82
Telefonía Celular	1,3	82
Internet	11	1
Gastos Legales	20	1
Licencias Modelación de Transporte	92	1
Licencias Inteligencia de Negocios y analítica SAP	81	1

Tabla A 3: Costos de mantenimiento del túnel en diferentes plazos

Túnel	Valor anual (M COP ₂₀₂₁)
Sistema de detección de incendio	
Mantenimiento de rutina	149
Mantenimiento del patrimonio/10 año	1 993
Mantenimiento del patrimonio/20 año	1 914
Sistema de lucha contra incendio (red de hidrantes de túnel)	
Mantenimiento de rutina	174
Mantenimiento del patrimonio/5 año	120
Mantenimiento del patrimonio/20 año	5 233
Sistema de ventilación del túnel	
Mantenimiento de rutina	3 168
Mantenimiento del patrimonio/10 año	5 107
Mantenimiento del patrimonio/20 año	8 795
mantenimiento del patrimonio/25 año	7 492

Tabla A 4: Costos de mantenimiento Patio-taller

	Valor Anual/Unidad (M COP ₂₀₂₁)	Cantida d
Mantenimiento Vehículos auxiliares	535	1
Mantenimiento equipos y herramientas taller	356	1

Combustible automotores	6,5	5
Obras civiles (Externo)	190	1
Obras civiles (Interno)	58	1
Iluminación y Fuerza	13	1
Sist. Contra incendios	5,6	1
Apantallamiento	0,007	1

Tabla A 5: Costos de operación de patio-taller

	Valor Anual/Unidad	Cantidad
Aseo	1 473	1
Manejo de Residuos	462	1
Impuesto de Rodamiento Furgoneta	0,6	5
SOAT Furgoneta	0,9	5
Semaforización Furgoneta	0,07	5
Revisión Técnico-Mecánica Furgoneta	0,2	5
Impuesto de Rodamiento Motocicleta	0,04	6
SOAT Motocicleta	0,5	6
Semaforización Motocicleta	0,07	6
Revisión Técnico-Mecánica Motocicleta	0,1	6