

TABLA DE CONTENIDO

2.2.27 ET27 - PROGRAMA DE OBRA Y FLUJO DE INVERSIONES	3
2.2.27.1 NORMATIVIDAD APLICABLE	3
2.2.27.1.1 Normatividad nacional	3
2.2.27.1.2 Normatividad internacional	3
2.2.27.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ	3
2.2.27.3 ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ	13
2.2.27.3.1 Línea 1 elevada (en construcción)	13
2.2.27.3.2 Línea 1 subterránea (estudio inicial)	13
2.2.27.4 CONCLUSIONES	14

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Principales rendimientos de construcción L2MB

Tabla 2 Principales rendimientos de construcción PLMB subterránea

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Cronograma general de construcción SLMB

Figura 2 Flujo de inversión estudio de prefactibilidad L2MB – Flujo informe vs. Flujo archivo fuente (Excel)

Figura 3 Flujo de inversión para la L2MB del estudio de prefactibilidad

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

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001_VF

Figura 4 Flujo de inversión para la L2MB del estudio de prefactibilidad ajustado a años completos de ejecución (12 meses por año)

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

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001_VF

2.2.27 ET27 - PROGRAMA DE OBRA Y FLUJO DE INVERSIONES

Disciplina:	Programa de obra y flujo de inversiones
Entregable de referencia:	Entregable 16 / ET27 - Programa de obra y flujo de inversiones

2.2.27.1 NORMATIVIDAD APLICABLE

2.2.27.1.1 Normatividad nacional

No aplica una normativa puntal. Sin embargo, se cumplirá con las buenas prácticas en la gestión del cronograma.

2.2.27.1.2 Normatividad internacional

No aplica una normativa puntal. Sin embargo, se cumplirá con las buenas prácticas en la gestión del cronograma.

2.2.27.2 REVISIÓN DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ

Entregables de referencia:	Producto 7 / CAPEX, OPEX, Cronograma y Análisis Beneficio Costo del Proyecto / Entregable 11 / CAPEX, OPEX y Cronograma incluye el Anexo C - SLMB Plan de Inversión fase 3 - 13may2021
Actividades desarrolladas en el marco del estudio de prefactibilidad:	A continuación se revisan los entregables que contienen información relacionada con el cronograma de obra; el cual fue desarrollado para los siguiente grandes capítulos:

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001_VF

Actividad	Duración (meses)	Duración real
LICITACIONES	6,0	5,5
DISEÑO DETALLADO	12,0	11,0
OBRA	76,5	70,4
Traslados de redes y obras anticipados	12,0	11,0
PATIO-TALLER	50,0	46,0
CENTRO DE CONTROL Y OPERACIONES	15,0	13,7
VIADUCTO / RAMPA	35,0	32,2
TRINCHERA ALO - NORTE ESTACION 9 - INCL EST 10 12+635 - 14+400	48,4	44,5
TRINCHERA ALO - SUR ESTACION 9 12+180 - 12+485	47,0	43,2
TUNEL BI-TUBO	41,5	38,1
ESTACIONES	73,5	67,6
VENTILACION	66,0	60,7
VIA FERREA	33,5	30,8
MATERIAL RODANTE	50,0	46,0
SISTEMAS	58,0	53,4
FORMACIONES PERSONAL	13,0	11,9
ENSAYOS	10,0	9,1

Se evidencia una diferencia entre las duraciones reportados en el archivo fuente de MS Project (columna "Duración real") y las duraciones resultantes de la resta de las fechas de inicio y terminación presentadas en el informe de prefactibilidad (columna "Duración") esto en razón que la configuración de la unidad de tiempo empleada; "mes", para efectos de los estimativos estaba conformada por solo 20 días por mes, lo que puede representar una disminución en los tiempos de construcción del orden de 6 meses.

Conclusiones del estudio de prefactibilidad:

A continuación se presentan los hallazgos a ser detallados en desarrollo de los estudios de factibilidad:

- El tiempo estimado total para la construcción de la obra civil y montaje de sistemas, incluido el suministro del material rodante es de 70,5 meses, 6 meses menos que el indicado en el informe prefactibilidad.
- Se incluyeron 9 meses para todas las pruebas de funcionamiento, de los cuales tres meses corresponden a las pruebas en blanco, un mes menos que el indicado en el informe de prefactibilidad.

A continuación se listan comentarios generales en relación al Entregable 11 del Producto 7:

Ítem	Aspectos relevantes	¿Cómo atenderlos en el marco de la asesoría técnica?
Diseños de detalle (p30)	Se indica un plazo de 12 meses en total, pero la mayoría de actividades tienen un plazo de solo cuatro meses.	Se evaluarán los tiempos requeridos para los diseños teniendo como referencia los tiempos previstos en la PLMB y teniendo en cuenta aspectos como el traslado de redes que en el caso de la PLMB se ejecutaron de manera anticipada con el programa “Traslado Anticipado de redes - TAR”.
Etapas de cierre financiero (NA)	No se incluyen temas de cierre financiero para el desarrollo del proyecto.	Será el resultado de la estructuración, sin descartar la experiencia en la PLMB donde se demandó un plazo de cierre financiero del orden de 27 meses, por lo tanto, se buscará reducir los impactos en el plazo total de ejecución.
Adquisición predial (NA)	No se precisa en el informe la gestión de adquisición predial, en el cronograma se indica 12 meses con actividades simultáneas de construcción.	Se precisarán los tiempos en razón de la experiencia de la PLMB donde el tiempo de adquisición se inició en la etapa de cierre financiero que tenía un plazo del orden de 18 meses previos al inicio de las obras.
Traslado de redes (NA)	El traslado de redes está propuesto simultáneamente con las obras principales, lo que puede traer impactos en los tiempos de ejecución.	El traslado de redes se adelantará con el contrato principal lo que demandará tiempos previos antes del inicio de las obras. Con el avance de la identificación de las redes se podrán proyectar los tipos de traslados y los posibles tiempos de ejecución dando prioridad a la de mayor impacto como es la línea de Tibitoc de 78”; si aplica como resultado de los diseños de factibilidad.
Patio taller (p30)	Tiempo previsto para la consolidación de los rellenos del patio taller	Se evaluará la alternativa técnico-económica más viable, en el PLMB se incluyeron rellenos y mechas drenantes que implicó más de dos años de trabajo para la adecuación del terreno, por lo tanto, se buscará potencializar esta experiencia y desarrollar la mejor solución.
Interferencia con BRT y ferrocarril existente (NA)	No se precisa el manejo de desvíos con sistemas de transporte existentes e infraestructura principal.	De acuerdo con las definiciones de los diseños de factibilidad se ajustarán los detalles de las secuencias constructivas procurando disminuir los impactos en el sistema público de transporte (BRT y SITP) y sistema férreo superficial existente de forma que se generen el menor número de limitaciones constructivas y se tenga el mayor número de ventanas de tiempo constructivas.
Aspectos críticos por atender	A corto plazo para el desarrollo de las actividades de ingeniería de factibilidad (Aval Técnico y Fiscal – Fase 2)	A mediano plazo para el desarrollo de las actividades de Estudios y Diseños para la Estructuración (Fase 3)
	<ul style="list-style-type: none"> Revisar los plazos de ejecución del patio taller Evaluar los posibles impactos en tiempos de ejecución de la infraestructura existente a renovar y/o a impactar por la construcción de la L2MB. Plazos de gestión de predios de acuerdo con la definición de la cantidad y magnitud de los predios requeridos. 	<ul style="list-style-type: none"> Con las cantidades de obras resultantes de los diseños se actualizarán los tiempos de ejecución de todas las obras, identificando las interacciones con los sistemas de transporte existentes; BRT, sistema férreo y redes principales a reubicar o proteger. Definición de los tiempos de gestión predial según los lineamientos finales de la cantidad de predios. Inclusión de los impactos por el plan de manejo de tráfico (PMT) definido para las obras finalmente diseñadas.

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

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001_VF

		<ul style="list-style-type: none"> Ajustes de plazos de los componentes financieros según el esquema finalmente adoptado para la viabilización del proyecto.
Interfaces:	Interfaces con: todas las especialidades de ingeniería técnicas involucradas en los diseños, así como el componente financiero.	
CAPEX y OPEX	Según la secuencia constructiva definida de acuerdo con las restricciones evaluadas podrá requerir mayor o menor número de frentes de trabajo simultáneos lo que puede redundar en los costos indirectos del CAPEX.	
Otros aspectos relevantes:		

Síntesis

A continuación, en la Tabla 1 se resaltan los principales rendimientos empleados para el estimativo del cronograma de prefactibilidad, los cuales serán evaluados durante el desarrollo de los estudios de factibilidad de acuerdo con las condiciones finales de los diseños:

Tabla 1 Principales rendimientos de construcción L2MB

Descripción	Unidad	Rendimiento
Patio-Taller Adecuación patio taller	meses	12
Viaducto / Rampa		
Tablero	m/mes	125
Cimentación	unidad/mes	7,1
Pilas	pila/mes	3,6
Trinchera		
Muros pantallas	m ² /día	35
Excavación trinchera	m ³ /día	400
Solera	m ² /día	30

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

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001_VF

Losa	m ² /día	100
Túnel		
Fabricación TBM	mes	9
Transporte TBM	mes	1
Montaje TBM	mes	2
Excavación	m/mes	400
Desmantelamiento TBM	mes	4
Estación 10		
Excavación	mes	3
Nivel andén	mes	9
Nivel superficie	mes	6
Equipos	mes	9
Redes, infraestructuras, vías y urbanismo	mes	12
Vía férrea		
Tendidos de vías férreas	m/día	7 - 13
Tendidos de vías férreas - bitubo	m/día	10
Material Rodante		
Suministro primer tren	mes	18
Suministro trenes restantes	mes	12
Otros		
Alimentación eléctrica SER/SEAT - Fabricación	mes	18
CCO y telecomunicación	mes	18
Puertas de andén, control de acceso y recaudo de las estaciones, señalización y control de trenes	mes	24
Ensayos de equipos	mes	6-12
Ensayos		
Ensayos de integración	mes	8

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

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001_VF

Pruebas blancas	mes	4
-----------------	-----	---

En términos generales la mayoría de rendimientos son conservadores, algunos según la configuración de las obras finales podrán optimizarse y ajustarse según la secuencia final constructiva prevista. Se resalta, como ya se indicó, los tiempos de adecuación del terreno del patio taller que puede incrementarse significativamente según el diseño finalmente seleccionado (más de 1 año comparado con la PLMB).

La ruta crítica desarrollada dentro del cronograma (Figura 1) no guarda coherencia con los trabajos a ejecutar, por ejemplo la adquisición de las tuneladoras y la excavación del túnel deberían hacer parte de la ruta crítica por su magnitud y ser trabajos predecesores de las demás obras del proyecto:

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

E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001_VF

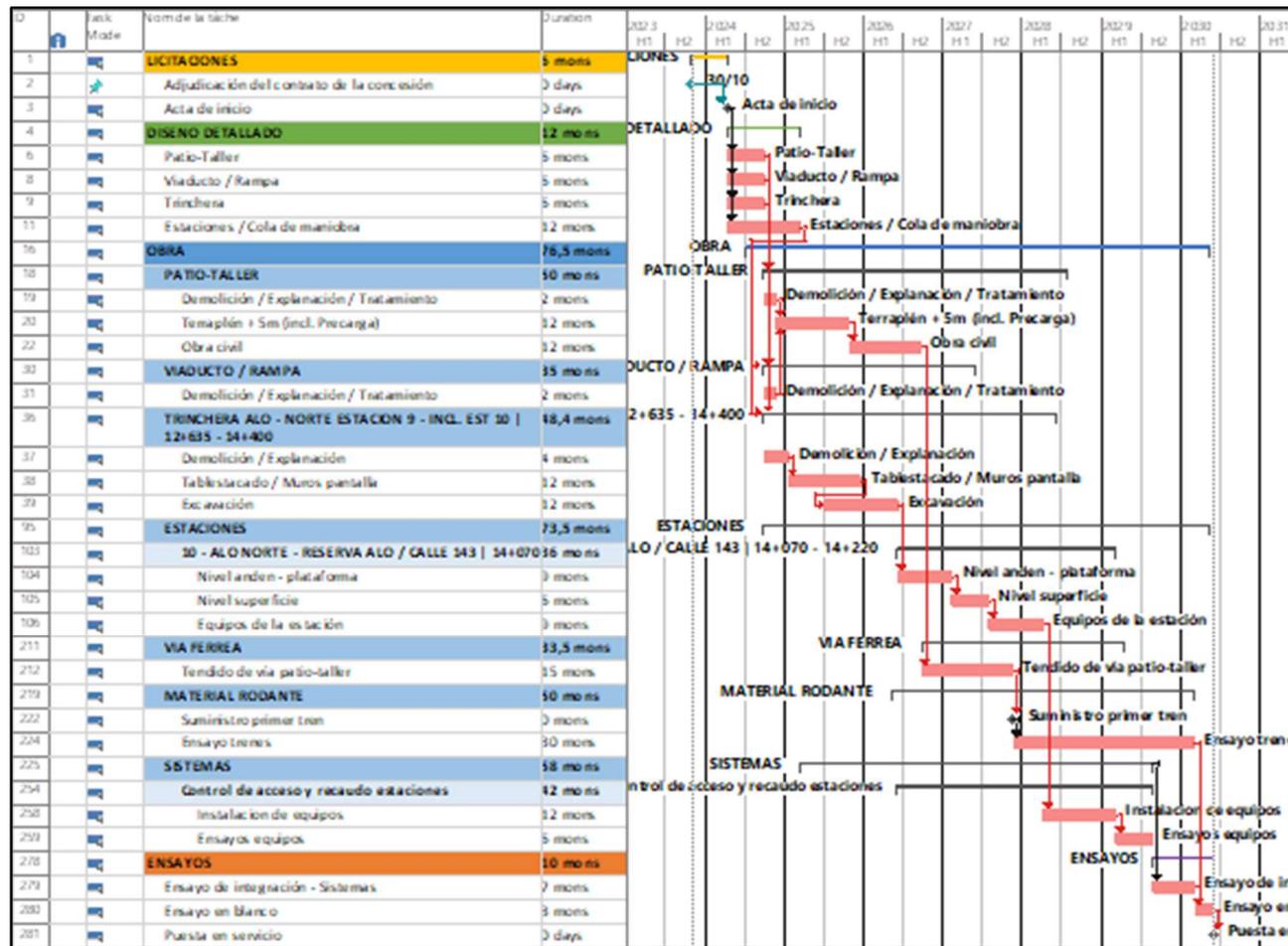


Figura 1 Cronograma general de construcción SLMB

Igualmente, se presentan dos rutas críticas, que si bien técnicamente puede suceder, dificulta identificar las condiciones de mayor peso que afectan el cronograma y la definición de posibles acciones. Esta condición puede estar asociada a la generación de dependencias para las actividades resúmenes que limitan la identificación y control de la ruta crítica.

En relación con el flujo de inversión se presenta el resultado de desembolsos por año el cual no corresponde con los valores contenidos en el archivo fuente de Excel (Anexo C - SLMB Plan de Inversión fase 3 - 13may2021), no se identifica dentro de la información las posibles razones (véase Figura 2):

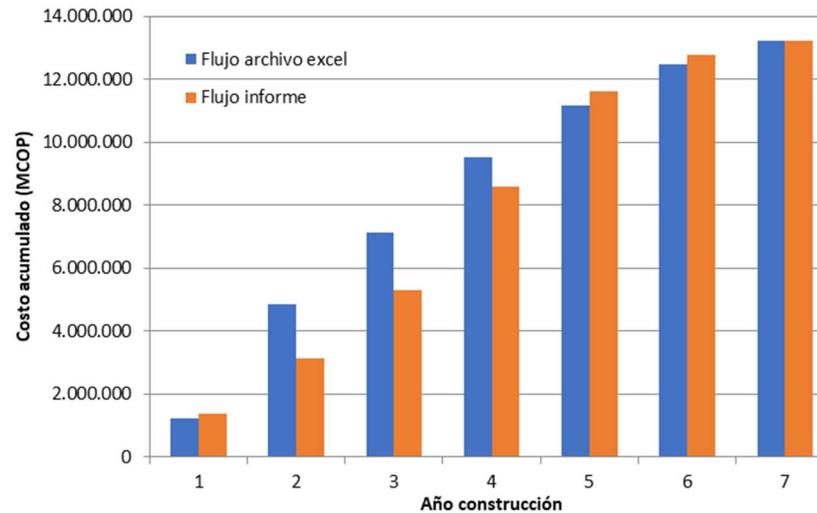


Figura 2 Flujo de inversión estudio de prefactibilidad L2MB – Flujo informe vs. Flujo archivo fuente (Excel)

Dentro del flujo de inversión del archivo de Excel se aprecia que el mismo está proyectado de forma lineal año a año para los rubros principales como son: compra predios, traslado anticipado de redes, patio taller, centro de control de operaciones, viaducto / rampa, trincheras ALO sur y norte estación 9 y 10, trinchera ALO sur estación 9, túnel, estaciones, ventilación, vía férrea, material rodante, sistemas y ensayos. En la Figura 3 se presenta el flujo por grupos y el acumulado anual:

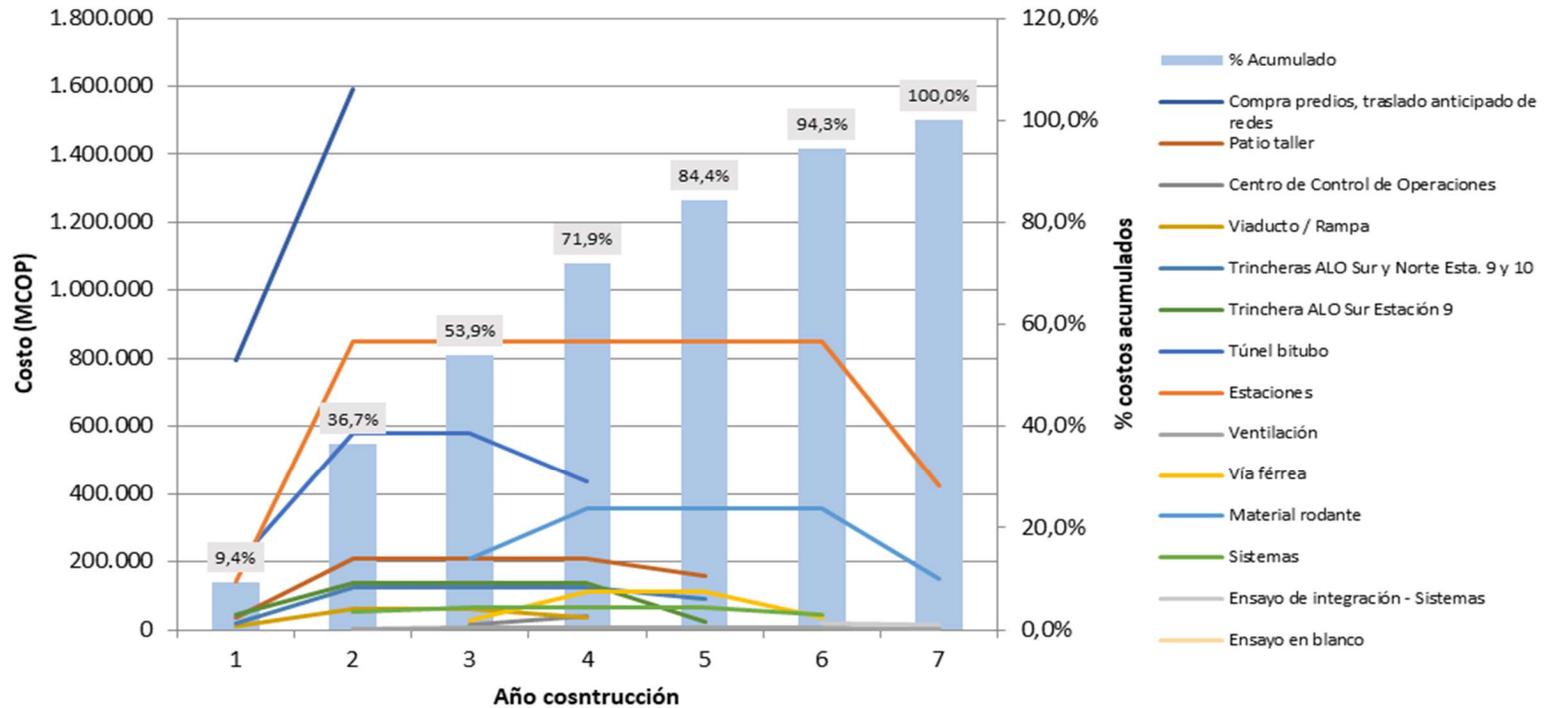


Figura 3 Flujo de inversión para la L2MB del estudio de prefactibilidad

De la Figura 3 se infieren los siguientes hallazgos:

- Como se indica en el informe de prefactibilidad la distribución de costos se realizó de forma lineal, lo que puede distorsionar los puntos altos y tempranos de demanda de recursos.
- El año 1 corresponde solo a 4 meses, desplazando los costos y generando una percepción de menor inversión.
- El flujo no guarda relación directa con el cronograma de obra donde la ruta crítica son los sistemas ferroviarios y suministro del material rodante.
- No se contemplaron en el año 1 posibles anticipos para la ejecución de las obras, lo que representaría un mayor costo de financiación.

- Las inversiones de las estaciones están desfasadas en relación con las inversiones del túnel, es decir, se debería requerir con mayor anticipación la inversión en estaciones para el paso del túnel, esto demandaría mayores recursos en los años iniciales del contrato (año 2 y 3).
- Los costos de la adecuación del patio deberían estar concentrados hacia el año 1 y 2 para evitar demoras en las obras civiles del mismo y poder habilitar el área para el recibo del material rodante. Esta condición de recursos adelanta las inversiones y por consiguiente las necesidades de financiación.
- La compra de predios y traslado de redes se inicia simultáneamente con las obras principales de construcción lo que puede representar un riesgo en el avance de obra, por lo que será necesario la adecuada gestión, adquisición y liberación de predios.

En la Figura 4, a manera ilustrativa, se presenta el flujo de inversión para años completos quitando el efecto del año 1 que solo incluía 4 meses de obras según lo presentado en el informe de prefactibilidad. Dentro este flujo se resalta la inversión en la compra de predios prevista simultáneamente con el inicio de obras. Dicho costo representa el 56% de la inversión en el primer año y el 9% en el segundo año. De otra parte la obra civil, sistemas férreos y material rodante presenta una tendencia de costos concentrados en los 3 primeros años para finalmente descender hacia los años finales.

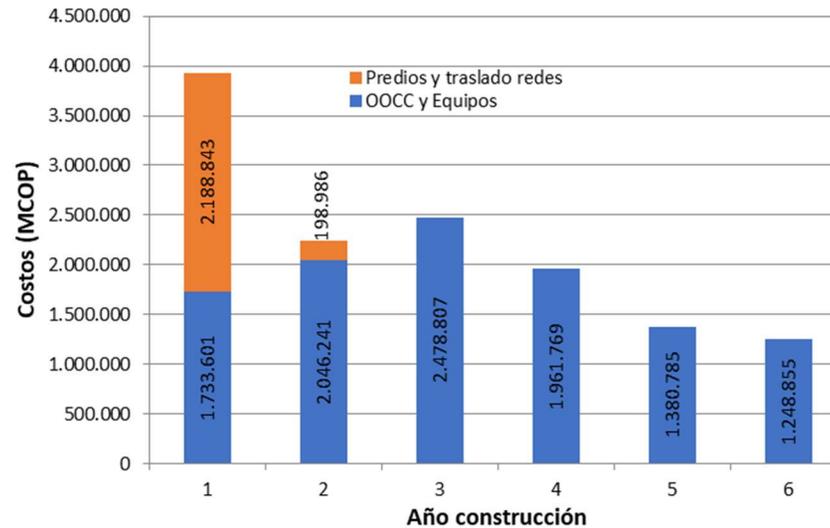


Figura 4 Flujo de inversión para la L2MB del estudio de prefactibilidad ajustado a años completos de ejecución (12 meses por año)

2.2.27.3 ASPECTOS RELEVANTES ASOCIADOS A LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ

2.2.27.3.1 Línea 1 elevada (en construcción)

Dentro de los trabajos realizados en la PLMB se encuentran la adecuación del terreno del patio taller el cual demanda al menos dos años para la alternativa técnico-económica seleccionada; columnas filtrantes y rellenos convencionales con precarga, lo que implicaría un incremento en el tiempo inicialmente previsto para la L2MB.

La intervención de las vías de BRT, la interferencia de línea férrea existente y el traslado de redes impactaran la secuencia constructiva y generaran restricciones de frentes de obra, condición similar a la presentada en la PLMB. Es claro que en la L2MB serán menores las interferencias pero se generan restricciones a ser evaluadas para las soluciones finalmente adoptadas.

Tiempos relacionados con el componente financiero en la PLMB condicionaron los plazos totales de ejecución del proyecto, como es el caso del cierre financiero que implicó un plazo de 27 meses. Si bien se proyectaron obras simultáneas dentro de este plazo las obras principales estaban supeditadas a dicho cierre financiero.

2.2.27.3.2 Línea 1 subterránea (estudio inicial)

La información a continuación presentada está en función del documento “202006-DF-ANX30-MEM-01-VF” de la PLMB subterránea y sus respectivos anexos. La PLMB si bien está a un nivel de factibilidad brinda información de rendimientos y secuencias constructivas útiles a manera referencial para los análisis de la L2MB y permite evaluar órdenes de magnitud e identificar posibles puntos críticos. Por ejemplo, para la PLMB subterránea se estableció un tiempo de fabricación para las tres tuneladoras previstas de 20 meses superior a los 9 meses indicados en los estudios de prefactibilidad de la L2MB para dos equipos, condición que será evaluada durante los estudios de factibilidad con proveedores especializados y/o información de experiencias adicionales.

A continuación en la Tabla 2, se presentan los principales rendimientos empleados en los estudios de la PLMB subterránea los mismos servirá de referencia para las valoraciones a ser desarrolladas dentro de los estudios de factibilidad de la L2MB, bajo el entendimiento que la L2MB tendrá sus respectivos análisis y definiciones técnicas de acuerdo con la mejor solución adoptada.

Tabla 2 Principales rendimientos de construcción PLMB subterránea

Actividad	Unidad	Rendimiento	
		PLMB subt.	L2MBI
Ejecución de túneles			
Túnel de línea ejecutado mediante tuneladora:	m/mes	300-450	400

Actividad	Unidad	Rendimiento	
		PLMB subt.	L2MBI
Túnel entre pantallas:	m/mes	100-150	
Excavación:			
A cielo abierto:	m³/día/equipo	1.200	
Zanja entibada:	m²/día/equipo	120	
Bajo cubierta al abrigo de pantallas en estaciones:			
Mediante rampas:	m³/día/equipo	900	
Mediante Excavación Vertical:	m³/día/equipo	450-600	400
Movimiento de Tierras			
A cielo abierto:	m³/día/equipo	1200	
Elementos Estructurales			
Ejecución de Pantallas Continuas:	m²/día/equipo	65	35
Ejecución de Jet Grouting:	m/día/equipo	100	
Ejecución de Micropilotes:	m/día/equipo	110	
Hormigonado de losas:	m²/semana/equipo	400-600	600

En la Tabla 2 se puede apreciar similitud en los rendimientos de excavación de la tuneladora para los dos proyectos (metro lineal - mes). Así mismo, se observan rendimientos similares para la excavación en estaciones y trincheras. Para actividades de las pantallas los rendimientos de la PLMB son mayores respecto a los proyectados en prefactibilidad para la L2MB. En el caso de los rendimientos de las losas para la L2MB estos estarían en el rango superior de la PLMB (600m²/semana). En términos generales esta información será evaluada como referencial y permitirá ir desarrollando valoraciones para los estudios finales de factibilidad.

2.2.27.4 CONCLUSIONES

- Los documentos consultados y evaluados corresponden al Entregable 11 del producto 7 del estudio de Prefactibilidad "" y sus anexos. Así mismo, para la PLMB subterránea se consultó el informe "202006-DF-ANX30-MEM-01-VF" y sus anexos.

- Dentro del estudio de factibilidad será necesario complementar aspectos relevantes y que generan restricciones constructivas como son los tiempos de conformación del terreno del patio taller que presenta condiciones similares a las de la PLMB que implicó un periodo de construcción de al menos dos años.
- Integración de los planes de manejo de tráfico con la ejecución de las obras. Así como la incidencia del traslado de redes y la gestión predial.
- La inclusión de los tiempos por alcances financieros de acuerdo con la estructura transaccional definida, implicará evaluar el adelanto de obras que flexibilicen los tiempos totales de construcción, principalmente el tema de cierre financiero en el caso que aplique.
- Las condiciones particulares de la L2MB como es la obra subterránea, demandará evaluar las restricciones correspondientes de la adquisición de los equipos de excavación según el esquema finalmente definido; túnel o bi-túnel, en gran medida por los tiempos de fabricación, transporte y ensamblaje de las máquinas TBM.
- Definición de la integración e interconexión entre la PLMB y la L2MB permitirá adelantar los trabajos de forma coordinada y eficiente.
- Los tiempos propuestos en el estudio de prefactibilidad presentan diferencias entre los plazos calculados entre las fechas de inicio y fin y la duración calculada, básicamente por el número de días definido para el mes. En resumen, los tiempos previstos en el cronograma (archivo fuente) son menores a los expresados en el informe de prefactibilidad.
- La ruta crítica no incluye actividades relevantes y de clara incidencia en los tiempos totales de construcción como es el caso de las actividades asociadas con la adquisición y montaje de las tuneladoras y la excavación del túnel.
- La distribución año a año de los montos del flujo de inversión presentada en el informe de prefactibilidad difieren respecto a los valores registrados en el archivo en formato Excel, sin ser posible identificar las razones de esta variación.
- En el estudio de prefactibilidad el flujo de inversión fue proyectado de forma lineal para cada año del plazo de construcción.
- El inicio del proyecto previsto en el estudio de prefactibilidad corresponden al mes de julio de 2024, por lo tanto las inversiones en el primer año calendario son menores y genera una percepción de menor demanda de recursos.
- El flujo de inversión analizado como año corrido (12 meses) refleja la demanda de recursos del orden del 30% de los 13.262 MCOP estimados para el proyecto, principalmente por la adquisición predial a ser desarrollada en el primer año de construcción, lo que representa un riesgo si no se avanza apropiadamente.
- La proyección de recursos requeridos en las estaciones no está en concordancia con la ejecución del túnel, donde la cimentación y estructura de todas las estaciones debe estar concluida antes de la construcción del túnel.
- Dentro de la información no se evidencia la valoración de la necesidad de contar con anticipos para la realización de las obras, lo que demandaría una mayor cantidad de recursos al inicio de la etapa de construcción.