

5. CONCLUSIONES

A continuación, se resumen los aspectos más relevantes de las conclusiones alcanzadas en los análisis realizados para cada componente técnico, los cuales han sido reordenados en una secuencia funcional.

Se aclara que las menciones hechas a los resultados del estudio de prefactibilidad en los diversos componentes técnicos sólo tienen el propósito de registrar las opciones de mejora que se identificaron en esta Debida Diligencia, sin pretender demeritar el trabajo realizado al respecto. Se tiene claro lo previsto en la LEY 1682 DE 2013 - TÍTULO II DEFINICIONES, donde se establece que: *“Fase 1. Prefactibilidad. Es la fase en la cual se debe realizar el prediseño aproximado del proyecto, presentando alternativas y realizar la evaluación económica preliminar recurriendo a costos obtenidos en proyectos con condiciones similares (...). El objetivo de la fase 1 es surtir el proceso para establecer la alternativa de trazado que a este nivel satisface en mayor medida los requisitos técnicos y financieros”.*

ET01 - DEMANDA. Primeramente se observa un robusto análisis de demanda, con multiplicidad de escenarios, consideraciones y alternativas con miras a encontrar el corredor de transporte más receptivo, como también un profundo análisis del nodo de terminación norte de dicho corredor. El único comentario que cabe en términos metodológicos, pero que se entiende, excede el oportuno alcance de la prefactibilidad como también el del presente estudio, es que no se ha realizado un estudio de inicio de la línea en el extremo oriental. Ello así con posible motivo en que el estudio de prefactibilidad se origina como un estudio de prolongación de la L1, lo cual por definición no requiere estudiar el punto de partida. En suma, con posterioridad a la determinación de que L2 sería una línea nueva e independiente de L1, no se ha realizado un estudio detallado sobre el inicio de la línea 2 en el sector oriental. Este aspecto deja una puerta abierta para el futuro sobre la exploración de las posibilidades de prolongación de L2 con más estaciones a oriente de la avenida Caracas.

ET02 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR. El plan de operación preliminar sigue las reglas del arte vigente y propone elementos interesantes. En una ciudad que ha experimentado y descubierto con suma precisión dónde cada modo de transporte urbano es más competitivo, el plan operacional en conjunto con los estudios de demanda parten sobre la concepción estructural una línea que privilegie la capacidad (gálibo ancho y trenes largos) y la velocidad (trazado eminentemente recto, con estaciones separadas a 1.400 metros, en promedio). Esta concepción, si bien desatiende parcialmente la cobertura de proximidad (que puede ser cubierto por otras vías), ataca de lleno el segmento de mercado de transporte que de otro modo resulta inaccesible para los demás modos, logrando una complementación perfecta a nivel ciudad y una sostenibilidad competitiva en el largo plazo. Así, en el plano operacional resulta una capacidad de 50.000 PPHPD (2050) para 129 segundos de intervalo y una velocidad comercial superior a 40 kilómetros por hora. He aquí uno de los grandes aciertos del Estudio de Prefactibilidad.

ET03 - MOVILIDAD. El Estudio de Prefactibilidad no cuenta con un estudio de movilidad desarrollado para la L2MB que pudiera analizarse en el marco de esta debida diligencia. Para su complemento, en el marco del presente estudio de factibilidad se está dando cuenta de un acabado grado de conocimiento sobre la movilidad en la ciudad de Bogotá, adelantando ya un gran número de relevamientos relativos a los proyectos en curso de planeación o de construcción, a la infraestructura vial existente y sus requerimientos de desarrollo y desafíos, a la redes de Transmilenio, alimentadores, SITP e intermunicipales, sobre los cuales cabrá oportunamente dar una mirada orientada a redistribuir los recorridos con el propósito de evitar dobles coberturas y también ampliarla más allá. Ofrece una consideración sobre la siniestralidad vial, en particular sobre el corredor de la L2MB para tener diseños de accesos a estaciones e inmediaciones que promuevan la seguridad vial. Finalmente, se señala dentro de los relevamientos de nodos el rol que ha cobrado la bicicleta. Ello está en absoluta sintonía por un lado con el rol complementario con el metro, en particular para mantener la cobertura territorial a pesar de las distancias interestaciones mencionadas anteriormente.

La bicicleta, en su rol de servicio de “última milla”, será tenida en cuenta con un espacio relevante en los diseños inminentes de la L2MB.

ET17 - MATERIAL RODANTE. El elemento más importante sobre el material rodante es clarificar el grado de integración que se requiere con PLMB. El estudio de prefactibilidad plantea la posibilidad de un grado de integración operacional tal que los trenes puedan intercambiarse. Toda vez que la líneas 1 y 2 pertenecen a estructuraciones independientes, donde la primera ya está en fase de construcción y configurada como una concesión integral DBOT, que cada una tendrá su dispositivo de mantenimiento, que no se prevé una conexión física entre las dos líneas, no se desprenden las motivaciones necesarias para requerir una tal integración. Más aún cuando ello atenta contra la apertura del mercado de constructores de material rodante y particularmente a la luz de los resultados de la licitación de línea 1, donde se registraron consultas de parte de constructores señalando (razonablemente) dificultades con las (excesivas) exigencias establecidas. Así, la recomendación del Asesor es inclinarse más bien por una integración orientada hacia el Asset Management. Una y otra serán oportunamente evaluadas en las siguientes fases.

ET20 - DISEÑO GEOMÉTRICO SISTEMA METRO. La realización del trazado geométrico en el estudio de prefactibilidad cuenta con oportunidades de mejoras y constituye un apartamiento de las bondades alcanzadas en el marco del Plan Operativo Preliminar. En una progresión de lo general a lo particular, cabe destacar primero una omisión a los enlaces intermedios y requeridos por el POP. En efecto, eran requeridos por éste 10 enlaces simples a disponer en vía principal y sin contar aquellos necesarios para el descenso al Patio Taller. De los 10, solo se dispusieron los enlaces de las estaciones terminales (3 y 3) quedando 4 enlaces sin colocar en las estaciones intermedias de la línea. Esta omisión, junto con incumplir parcialmente los requerimientos de operación, condujo en segunda instancia a que no fueran tenidos en cuenta para el trazado geométrico, por lo que se dispusieron sendas curvas en correspondencia con 3 de los 4 enlaces faltantes. Tampoco se respetó de manera integral el esquema de vías del POP al no diseñar las dos vías a paragolpes previstas en el extremo norte de la línea en dirección a Cota, tal como fuera previsto en las prospecciones de desarrollo futuro para la línea. La no consideración de estas vías haría que, al momento de extender la línea hacia Cota se deba interrumpir el servicio de la línea como consecuencia de la desvinculación necesaria entre el taller y la línea para insertar los aparatos de vía (ADVs) que comuniquen la línea con Cota. Es por lo tanto necesario revisar los ADVs en la zona de la estación 11 tal que conjuguen en armonía la operación de la línea principal y su eventual prolongación a Cota con el Patio Taller. Por último, el muy buen temperamento de priorizar la velocidad a nivel operacional no fue correspondido adecuadamente con los diseños de curvas verticales, horizontales y longitud mínima de elementos, entre otros, lo cual no capitaliza las oportunidades y castiga la velocidad, con su consecuente efecto negativo en Capex y Opex.

ET10 - GEOTECNIA Y PAVIMENTOS. Los estudios geotécnicos y geológicos realizados indican que el trazado de la línea 2 recorre la ciudad de Oriente a Occidente y atraviesa materiales de origen predominantemente lacustre en casi la totalidad del trazado con profundidades mayores a 100 m. En esa medida, las obras serán ejecutadas y cimentadas en suelos blandos, sin alcanzar roca. Hay una única excepción al origen lacustre: el tramo inicial del trazado entre la Carrera 7 y la Av. Caracas. En este tramo se espera encontrar material más grueso, de origen aluvial y coluvial. Entre las experiencias de diseño consultadas en el marco de esta asesoría están los estudios realizados para la Primera Línea del Metro en la ciudad, tanto los de la Línea subterránea como los de la Línea elevada que actualmente está en construcción. Ambos proyectos cruzan el trazado de esta Segunda Línea, el primero a la altura de la carrera 11 y el segundo en la Avenida Caracas. La caracterización del suelo en esos sitios muestra que el suelo tiene un origen aluvial en el que predominan las arenas gruesas. En términos de amenazas geotécnicas se puede

trazar una división en términos del origen que estas tengan. De origen natural, son las asociadas a la localización del proyecto, es decir las propias de la ciudad de Bogotá: inundaciones, subsidencia, movimientos en masa, licuación (o ablandamiento cíclico) y amenaza sísmica. O sino, causadas por la construcción de la infraestructura: entre estas está el potencial que las obras subterráneas desarrolladas tienen para acelerar procesos de subsidencia causados por descensos en el nivel freático. En este escenario es fundamental entender cuál será el efecto del proceso en dos niveles: i) es el que van a sufrir las edificaciones existentes; ii) es que el que sufrirá la infraestructura subterránea que va a interactuar con un corredor de la ciudad en el que se espera una renovación urbanística en la que se va a pasar de edificaciones relativamente pequeñas cimentadas superficialmente a edificaciones de 10 o más pisos, con sótanos y cimentaciones profundas. Por lo tanto, es fundamental la construcción de un modelo geológico-geotécnico detallado que permita desarrollar los análisis y dimensionamientos correspondientes a esta etapa del proyecto. Para eso se está ejecutando en campo el Plan de exploraciones. En términos de experiencias internacionales se encontró valiosa documentación desarrollada en México para la construcción del Metro en Ciudad de México y que servirá de guía en la formulación de soluciones de diseño en las siguientes fases del proyecto.

ET24 - PROYECTO DE TÚNEL. El proyecto de túnel confeccionado en la prefactibilidad fue realizado con base en una evaluación multicriterio que permitió decidir entre monotúnel y bitúnel. La metodología por multicriterio es versátil y obliga a considerar cuidadosamente los criterios, las métricas y la ponderación empleadas. En el caso del diseño de un túnel urbano, aspectos como el de inscripción que son centrales no fueron considerados. La experiencia generalizada dicta que los diseños con bitúnel son más versátiles y más caros. Por ello, la regla práctica habitual es diseñar inicialmente con monotúnel por ser más económico y en la eventualidad de toparse con un obstáculo insalvable, se procede a rediseñar en bitúnel sacando provecho de esa mayor flexibilidad para inscribir túnel y estaciones. Los análisis realizados en el marco de la presente factibilidad ratifican la mayor economía del monotúnel frente al bitúnel para el caso de la L2MB y no han encontrado aún ningún obstáculo insalvable. En los intercambios mantenidos con el diseñador de la prefactibilidad, se asoció esa definición a la existencia de pantallas condicionantes en el deprimido de Avenida Caracas y calle 72, las cuales ya no están presentes hoy en el diseño que fuera provisto por PLMB. En relación con lo mencionado en el diseño geométrico, una de las grandes debilidades de los proyectos con bitúnel es disponer los espacios de interconexión entre túneles para disponer los enlaces ferroviarios. Ello implica grandes obras que literalmente envuelvan y contengan a ambas vías para poder hacer el intercambio de trenes. Estos espacios no fueron considerados en la prefactibilidad. Los lugares a donde el POP dictaba que deben haber enlaces, en la especialidad túneles o estructuras no cuentan con las respectivas estructuras contenedoras de hormigón por lo que también han sido omitidos en ese capítulo y en el de trazado geométrico. Por último, entre los hechos más relevantes hemos identificado una inconsistencia en el territorio de la ALO por cuanto el proyecto de túnel ha sido dispuesto tal que intersecta completamente un canal superficial, el canal CAFAM. Las preconizaciones para el estudio de factibilidad sugieren pasar por debajo del canal CAFAM.

En el estudio de factibilidad se han contemplado algunos lineamientos en cuanto a evacuación y ventilación. Las informaciones contenidas en el estudio serán consideradas como punto de partida para el desarrollo de la etapa de Estudios y Diseños para la Estructuración. En el marco de la asesoría técnica será realizado un estudio de ventilación que incluye análisis unidimensionales, con software SES, para validar el correcto funcionamiento del sistema diseñado, así como análisis CFD tridimensionales para simular los efectos de un incendio en los túneles. En el diseño del sistema de ventilación se tendrán en cuenta tanto la ventilación sanitaria normal, cuyo funcionamiento vendrá gobernado por la monitorización de la calidad del aire en el túnel (temperatura, niveles de CO, etc.), como la ventilación de emergencia en caso de un incendio en el túnel. En este último caso se tendrán en cuenta las posibles

posiciones del foco del incendio y las rutas de evacuación. Sin embargo, la ventilación será diseñada, pensando en la evacuación del humo producido por un incendio.

Igual temperamento cabe el sistema de extinción de incendio por cuanto no se ha realizado ningún predimensionamiento. Las informaciones contenidas en el estudio de prefactibilidad serán consideradas como punto de partida para el desarrollo de la etapa de Estudios y Diseños para la Estructuración.

ET22 - SUPERESTRUCTURA DE VÍA. El estudio de prefactibilidad presentó de forma conceptual algunas características de la vía, como tipos de estructuras de vías, drenaje, interfaz con material rodante, instalación, obras y mantenimiento, así como las normativas, pero no presentó diseño específico para L2MB, tampoco se presentó memoria de cálculo para justificar la definición de superestructura de vías. Por ejemplo, con el objetivo de optimizar los servicios de mantenimiento y uso de repuestos, es recomendable que las características de la superestructura de vía de la Línea 2 sean similares a las de la Línea 1. En el marco de esta asesoría se proveerá una memoria de cálculo para justificar la definición de las capas de superestructura e infraestructura para los tramos de vía en placa y lastre. El tramo de las vías asentado sobre losas, debe tener una inclinación transversal del 0% en tangente y en las curvas con inclinación transversal igual al peralte. Para todas las tangentes y curvas, el gálibo dinámico debe calcularse teniendo en cuenta la velocidad de diseño, el radio y los valores de peralte. En el estudio de prefactibilidad hay poca claridad con respecto a los elementos que componen el CAPEX, que pueden estar encubriendo una estimación un poco baja de las superestructuras de vías.

ET18 - ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA Y TRACCIÓN. Se definieron en el marco del estudio de prefactibilidad los lineamientos preliminares del sistema de alimentación eléctrica que según la experiencia de este asesor, corresponden con los objetivos iniciales y con el dimensionamiento planteado. Sin embargo, se requerirá a lo largo de la consultoría analizar y precisar más en detalle estos criterios y parámetros, ajustándose entre otros a las necesidades del proyecto y optimizando los costos CAPEX y OPEX. Se dará una mirada exhaustiva sobre la potencia instalada en el entendimiento de que podría estar sobredimensionada. Ello así para la potencia requerida a nivel de estación principalmente como para la de tracción, aunque en menor medida. No obstante, el valor de CAPEX propuesto, parece consistente con la infraestructura que resultaría luego del ajuste por lo que no se esperaría una reducción de CAPEX por este tema en particular. Queda pendiente una reflexión sobre la estrategia de emergencia ante un blackout total (acumuladores vs. generador). En términos generales, son aplicables los criterios de diseño de la PLMB y serán considerados como la primera opción para satisfacer los requerimientos de esta línea. En este sentido, se seleccionó durante la etapa de prefactibilidad la opción de la alimentación eléctrica por tercer riel y en 750 VCC la cual se acepta como premisa de trabajo, en un todo de acuerdo con una estrategia de grado de integración con Línea 1 a nivel de Asset Management, desarrollada con mayor precisión en el capítulo de PMP.

ET12 - SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES. El estudio de prefactibilidad, para el sistema de señalización y control de trenes, entrega los requisitos fundamentales y según las reglas del arte para iniciar el estudio en el marco de la asesoría. Sin embargo, habrá que tomar definiciones en la fase 2, en cuanto a algunos requerimientos que, según nuestra experiencia, deben ser ajustados para evitar incumplimientos o sobre costos al proyecto. En las fases posteriores corresponderá primero complementar este estudio con la definición de los requerimientos de alto nivel para la operación y el mantenimiento para luego continuar con los requerimientos funcionales específicos, como también definir una arquitectura conceptual de interconexión entre sistemas para el desarrollo de la matriz de interfaces y posteriormente la definición de los requerimientos asociados a la organización de los puestos en las

salas de control y capacitación, y asociados a la ergonomía de las IHM. Por último, no se hace mención a la tecnología LTE la cual cuenta al día de hoy con antecedentes significativos y podría proveer mayores niveles de seguridad y capacidad por lo que sí será abordado en las siguientes fases del estudio de factibilidad.

ET23 - CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL. El estudio de prefactibilidad para el CCO está poco desarrollado y por ende existe un número de indefiniciones, detalladas en el capítulo correspondiente. En la fase 2 de la asesoría, habrá que tomar definiciones relacionadas con la organización general del CCO, la ubicación adecuada para el CCO principal y el CCO de respaldo, desarrollo de una gestión centralizada de las informaciones operacionales de todas las líneas (Permanencia General) y del Mantenimiento a través de un Centro de Control del Mantenimiento (CCM). En las fases posteriores, se debe complementar el estudio de prefactibilidad con, primeramente, la definición de los requerimientos de alto nivel para la operación y mantenimiento, luego la definición de los requerimientos asociados a la organización de los puestos en las salas de control y capacitación, y asociados a la ergonomía de las IHM. También definirá una arquitectura conceptual de interconexión entre sistemas para el desarrollo de la matriz de interfaces. Por último, se definirá la frontera entre el SCADA-Energía y SCADA estación en término de control comando de la energía de tracción y definir los requerimientos básicos para el sistema de control de acceso y alarmas.

ET13 - COMUNICACIONES. Las conclusiones del estudio de prefactibilidad para el sistema de comunicaciones es que si bien se han definido criterios para una línea de metro genérica, no se evidencia una identidad asociada al Metro de Bogotá. Esto implica que no se manejan las interfaces o integraciones con la Línea 1, además de que los sistemas y subsistemas expuestos en el estudio no están en línea y son un downgrade respecto con los sistemas licitados para la PMLB. El nivel de profundidad de este estudio generaliza información lo que no permite desprender del mismo las necesidades operacionales, mantenimiento y de ayuda a la explotación que serán aportadas por el sistema de comunicaciones. No hay una visión clara o postura sobre los conceptos de RAMS y obsolescencia tecnológica. No es posible determinar las integraciones con las interfaces entre sistemas. No existen criterios de diseño operacionales. Por lo tanto, se deben definir los criterios de interoperabilidad a nivel operacional (sobre todo al nivel de la estación de interconexión entre ambas líneas), se debe hacer un upgrade de los criterios de diseño tomando el eje de modelo operacional, considerando la obsolescencia programada y las nuevas tecnologías, adoptando una política de gestión RAMS y fijando una posición respecto del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

ET16 - PUERTAS DE ANDÉN. El estudio de prefactibilidad para el sistema de puertas de andén entrega los requisitos fundamentales para iniciar el estudio en el marco de la asesoría. Sin embargo, habrá que tomar definiciones, en la fase 2 y en una mirada conjunta con los demás sistemas, en cuanto a la altura de la fachada de la PDA a saber si se considera de altura completa o de 2,40m como especificado para PLMB. En la fase posterior, se debe ajustar algunos requerimientos y complementar el estudio de prefactibilidad con la definición de los requerimientos de alto nivel para la operación y mantenimiento, También definir una arquitectura de factibilidad de interconexión entre sistemas para el desarrollo de la matriz de interfaces. No se ha mencionado la posibilidad cada vez más extendida de publicar el estado de carga de cada coche en anticipación a la llegada del tren a la estación con miras a que los pasajeros en el andén se auto distribuyan hacia las puertas menos congestionadas y liberen las más cargadas. Corresponderá estudiarlo y desarrollarlo en el marco de la factibilidad. Tampoco se evocó la posibilidad de instalar contadores de pasajeros. Esto es particularmente valioso en líneas GoA4 porque, ante la necesidad manifiesta de variar la oferta (en más o en menos), se la puede adaptar en tiempo real para adaptarla a la demanda.

ET15 - PLAN DE MANTENIMIENTO PRELIMINAR - PMP La prefactibilidad de la L2MB no contiene un Plan de Mantenimiento Preliminar. El mismo se definirá en el marco de la presente asesoría técnica. La prefactibilidad recalca unos aspectos asociados con potenciales sinergias asociadas a la implementación de varias líneas de metro de una ciudad (en este caso la PLMB y la L2MB). Estos aspectos son deseables. Sin embargo, es importante precisar que estas sinergias no podrán lograrse a corto y mediano plazo por (i) no tener conexión física entre ambas líneas y (ii) por el esquema contractual que se definió para la PLMB (concesión incluyendo la operación y el mantenimiento). Excluido el temperamento de otorgar el mantenimiento (y la operación) de la L2MB al mantenedor de la PLMB, el hecho de tener dos líneas completamente separadas con operadores / mantenedores distintos, y con equipos de mantenimiento potencialmente diferentes, no proporciona elementos favorables para buscar fuentes de ahorro y sinergias entre las dos líneas. Entonces, es el entendimiento de este asesor que las oportunidades de sinergias se limitan al asset management y aún con la mirada puesta en el largo plazo, en ocasión de la retrocesión. En tal sentido, la premisa que se desarrollará en la presente asesoría contempla la definición de una estrategia de mantenimiento estructurada con un enfoque sistema que integrará la actividad de mantenimiento de la línea, la propuesta de métodos de mantenimiento basados sobre los últimos estándares (digitalización) y mantenimiento por condición y predictivo, y por último la definición de las estrategias de sinergias para cada horizonte: más limitadas a corto y mediano plazo y potenciales a largo plazo y en el entendimiento de fijar especificaciones técnicas similares a PLMB.

ET19 - PATIOS Y TALLERES. Los estudios relativos al emplazamiento del patio y taller han llevado a considerar diversas opciones entre las cuales terminaron inclinándose por el predio del Fontanar del Río. Su ubicación es muy atinada por cuanto está en el extremo de línea y a proximidad de la línea principal, por lo que es óptima operacionalmente siendo este otro acierto de la prefactibilidad. El predio en sí es de unas 30 hectáreas pero observa limitaciones ambientales por la ZMPA, el proyecto de parque lineal del Río Bogotá y por la reserva para la construcción de la Avenida Transversal de Suba, de donde la superficie resultante sería bastante menor. Corresponderá en las fases posteriores optimizar estas limitaciones. Por su parte, la concepción realizada sobre el patio y taller en ocasión de la prefactibilidad presenta un conjunto de puntos de mejoras e inconsistencias pero que podrán ser salvadas en el contexto de esta asesoría. En primer lugar, ostenta una falta de claridad respecto de las flotas de diseño lo cual probablemente explique parte de los elementos siguientes. Algunas instalaciones propuestas parecen estar sobredimensionadas, por ejemplo, el número de seis vías de mantenimiento sobre postes considerando una flota de 23 trenes, insinuando que podrían estar en mantenimiento el 25% de la flota simultáneamente. Sin perjuicio de lo anterior, el plan de mantenimiento preventivo debe revisarse para disminuir los tiempos de inmovilización de los trenes. Otro ejemplo es el espacio requerido para la máquina de lavado que se indica en 3.000 m². En ocasiones algunos conceptos son confusos, como es el caso de la clasificación del equipamiento mayor y menor dentro del taller. Restaría introducir criterios de mantenimiento en base a los 5 niveles de mantenimiento, con su debida definición y su repercusión sobre la infraestructura. Hay omisiones a instalaciones requeridas para el funcionamiento del taller no están incluidas en los layouts presentados ni mencionadas en el estudio. Es el caso de, pero sin limitarse a, instalaciones que para el funcionamiento del taller como subestaciones de tracción, tanques de agua, y plantas de tratamiento de aguas. Y por último, en términos operacionales, el layout de vías del taller tiene un gran perímetro de frontera entre la zona automática y la zona manual que sería conveniente revisar a la baja. De la misma manera, tiene 6 posiciones de transferencia entre zona auto y manual, las cuales son instalaciones de seguridad safety complejas, y que también convendría revisar a la baja. Se impone la necesidad de revisar el layout de vías del taller, en conjunto también con la revisión de las vías tras estación 11 evocadas previamente.

ET14 - RAMS. Los principios RAMS fundamentales están planteados en el Estudio de Prefactibilidad en términos de disponibilidad global del sistema de transporte, interfaces de seguridad, objetivos de Seguridad y de RAM al nivel del sistema de transporte, normas RAMS, calidad, objetivos RAM a nivel de sistema, y ciclo de vida en “V”. Estos principios son genéricos y no son contradictorios con un proyecto UTO. Sin embargo, estos principios de RAMS están planteados de manera no estructurada, sin “enfoque sistema” (es decir sin una “Top-Down approach”) que se requerirá definir y detallar en el marco de la consultoría. Para la PLMB, se aplicó un proceso RAMS exhaustivo y coherente tanto al nivel del Sistema de Transporte como al nivel de cada sistema. Este proceso, conforme a las normas RAMS, siguió el proceso de desarrollo establecido de los sistemas. Para la L2MB se podrá implementar un proceso similar, utilizando los outputs de la PLMB.

ET11 - ESTRUCTURAS. La información presentada en el estudio de prefactibilidad en relación a las estructuras complementarias del sistema que conformará la L2MB no cuenta con información suficiente relacionada con avalúo de cargas, combinaciones de carga, memorias de cálculo de prediseño estructural, determinación de cuantías de refuerzo, planos estructurales, ni cantidades de obra. Asimismo, no se presenta evaluación detallada del impacto de la construcción de la L2MB sobre el sistema estructural de estructuras existentes, tales como: edificaciones, puentes vehiculares, puentes peatonales, estaciones de Transmilenio y estaciones de servicio. Se requiere profundizar en la cuantificación de los posibles y potenciales afectaciones sobre estas estructuras para mitigar sus efectos a partir de procesos adecuados de diseño. La prefactibilidad no presenta posibles escenarios causados por una eventual afectación de la línea de conducción Tibitoc de 78” la cual presenta un posible punto de interferencia en la Av. Boyacá, la evaluación de una posible afectación de esta red matriz es relevante debido a la importancia en el suministro de agua potable para la ciudad. Por su parte, el informe de factibilidad de la PLMB Elevada presenta información de normatividad aplicada, cargas, combinaciones de cargas y memorias de cálculo básicas que permiten tener una referencia para el desarrollo de la factibilidad del viaducto para el tramo elevado de la L2MB. El informe de la PLMB Subterránea presenta información de normatividad aplicada, cargas, combinaciones de cargas y memorias de cálculo básicas, así como escenarios de posible afectación sobre estructuras existentes que permiten tener una referencia para el desarrollo de la factibilidad de estructuras complementarias que conforman la L2MB. Adicionalmente, y también en el marco de la factibilidad, se ha revisado el estado del arte en este área de conocimiento seleccionando un compendio muy valioso de información relativa a: los efectos reológicos sobre los túneles en TBM concluyendo que se pueden estimar razonablemente esos esfuerzos y establecer un diseño acorde a priori; retorno de experiencia sobre los efectos sísmicos en estructuras de Cut & Cover como las preconizadas para la L2MB; consideraciones a tener en cuenta para túneles poco profundos en suelo aluvional ante efectos sísmicos; el efecto sobre el comportamiento estructural (mecánico y de fisuración) de la incorporación de fibras de acero a túneles de hormigón armado; y finalmente, una investigación sobre el efecto de la incorporación de fibras de polipropileno en los puntos de apoyo de los gatos que impulsan la TBM hacia adelante con miras a redistribuir tensiones y controlar la fisuración. En suma, mucho se ha avanzado en el entendimiento de antecedentes válidos y condicionamientos, en mayor medida fruto de los estudios de PLMB y de investigaciones propias y en mucho menor medida por lo suministrado en el marco de la prefactibilidad.

Para el tramo en vía elevada parece pertinente la utilización de la experiencia de la PLMB. La experiencia exitosa de la viga U puede replicarse en la L2MB. Para la estación elevada, el diseño de la estación 11 tiene muchos aspectos estructurales distintos con respecto a las estaciones de la PLMB. En ambos casos, para la próximas fases de proyecto, se debe realizar análisis geotécnicos específicos para la L2MB, incluso sondeos y ensayos, que permitan dimensionar las estructuras y cimentaciones. Específicamente en el tramo en viaducto se deben verificar los estudios

ambientales y de ser necesario utilizar barreras acústicas. Si es necesario, las estructuras de los viaductos deberían redimensionarse, incluyendo los esfuerzos derivados de estas barreras.

ET25 - ESTACIONES Y EDIFICIOS. Según la prefactibilidad, la L2MB presenta 4 tipologías de estaciones, dónde la primera es subterránea, con andenes laterales y servirá de integración con la Primera Línea de Metro de Bogotá – PLMB y con TransMilenio. Las estaciones 2 hasta 8 son subterráneas, con andén central y siguen por el eje de la Calle 72, Avenida Ciudad de Cali (Carrera 86) y Calle 127. Las estaciones 9 y 10 están sobre la Reserva ALO y son semi enterradas, con andenes laterales y la última estación, elevada, con andenes laterales. La inserción urbana de las estaciones de la L2MB toma en cuenta el trazado de la línea, los equipamientos importantes existentes alrededor de las estaciones y la conectividad con los otros medios de transporte masivo de la ciudad. El estudio de prefactibilidad presenta oportunidades de mejora, sean de naturaleza global, como la adopción de distintas metodologías constructivas para las estaciones y reducción de volumen de excavaciones o afectaciones, bien como puntuales, como cambio en layout de circulaciones, optimización operativa y funcional. Lograr una buena condición de transferencia entre por un lado L2MB y por el otro PLMB junto con el TransMilenio de la Av. Caracas, es y debe ser una prioridad para el estudio, haciendo hincapié en que una distancia de 330 m de combinación entre ambos es penalizante para el pasajero. La solución planteada conlleva numerosas problemáticas para la gestión de los flujos de pasajeros, dificultades asociadas al gran volumen de excavación requerido y al impacto urbano que genera. Las demás tipologías subterráneas pueden tener la excavación minimizada luego de una racionalización y una optimización funcional, aunque, en desarrollo del proyecto, algunas necesitan ser profundizadas por requerimiento de trazado o condición geológica. La inserción urbana intersectando transversalmente 4 grandes avenidas (NQS, Carrera 68, Av. Boyacá y Calle 80) resultará en grandes afectaciones al tránsito y por larga duración con impacto muy negativo para los usuarios primero, y en segunda instancia para la sociedad en su conjunto porque no hay ninguna motivación para imponer ese grado de penuria a los usuarios de dichas avenidas. Ya se han identificado alternativas de emplazamiento de las estaciones en el entorno de las anteriores que evitan esos cortes de tránsito masivos y aún con menor impacto predial en el agregado de las estaciones. Por su parte, la estación E11, elevada, produce una barrera urbana importante, que puede ser minimizada a través de una optimización funcional y con un tratamiento urbanístico adecuado.

ET08 - URBANISMO Y PAISAJISMO. En el estudio de prefactibilidad no se identificó un entregable específico de Urbanismo y Paisajismo, lo cual impide la valoración y análisis de la información sobre este componente importante que incorpora y armoniza los diferentes estudios como predial, estructura, tránsito, redes de servicios públicos, geometría, ambiental y social, todos aspectos necesarios para la correcta mirada interdisciplinar del proyecto. Para el caso particular de la calle 72, entre carreras 17 y Avenida Ciudad de Cali, este corredor vial no cumple con el perfil referenciado en el POT de Bogotá el cual corresponde a un perfil V2 de 40 m entre paramentos, mientras que el existente solo cuenta con 26 m entre paramentos, se recomienda no considerar dentro del proyecto de la Línea 2 del Metro de Bogotá la realización de esta intervención ya que a futuro deberá ser modificada en su totalidad para dar cumplimiento normativo. Para la etapa de factibilidad del proyecto, será necesario enfatizar las intervenciones de espacio público en las áreas de estaciones garantizando el adecuado acceso al proyecto de la mano del límite de diseño, generando espacios públicos modificables que permitan la gradualidad para el desarrollo a futuro de los perfiles viales del POT vigente Decreto 190 de 2004. Con base en esto se sugiere para la intervención del tramo mencionado la inclusión de lineamientos de intervención, así como elevar la consulta de la viabilidad de intervención propuesta en la prefactibilidad de este tramo ante la Secretaria Distrital de Planeación - SDP. Se cuenta con la suficiente información referente a la elección y/o metodología para la selección de especies arbóreas a implementar

en el proyecto. Los dos corredores (PLMB subterránea y elevada) difieren en los límites de intervención en cuanto al espacio público, en la PLMB Subterránea, el espacio público a intervenir está asociado a un área de intervención en superficie aferente a la estación, mientras que en la PLMB elevada se encuentra la propuesta de espacio público a lo largo de todo el corredor aplicando la normatividad vigente y perfiles referenciados en el POT de Bogotá. No es clara la información considerada en prefactibilidad en cuanto a los mobiliarios urbanos en la PLMB Subterránea, ya que no se presentan estudios o demandas para la inclusión de cicloparqueaderos. Debido al área de intervención en cada uno de los proyectos de la PLMB, se encuentra información sobre la estructura patrimonial de la ciudad y la incidencia dentro de las áreas de influencia directa e indirecta de ambos estudios de factibilidad. Los diseños de espacio público de los proyectos de factibilidad del metro (PLMB subterránea y elevada), mantienen correlación en cuanto a la elección de materiales y aplicabilidad de la normativa vigente en cuanto a espacio público.

ET07 - DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL. El diseño geométrico de la vialidad propuesto en la prefactibilidad presenta algunas singularidades no atendidas. El estudio de prefactibilidad propone ajustar la sección vial a lo largo del corredor a los estándares de perfiles viales tipo vigentes para el Distrito, pero no se aborda la problemática de adquisición de predios para estos fines exclusivamente (y que no son requeridos para la infraestructura metro). Tampoco es abordado el caso de los puentes. Así, la preconización enmarcada en el estudio de factibilidad y para la realización de este proyecto de L2MB es no cargar costos ni riesgos ajenos a los que derivan de la provisión de la infraestructura de metro. Por lo tanto, para la calle 72 entre carrera séptima y Avenida Caracas se recomienda mantener el perfil vial existente y empalmar con el corredor verde propuesto en la etapa de prefactibilidad para la carrera séptima y con los diseños de la PLMB en la Avenida Caracas. Para la calle 72 entre Avenida Caracas y Avenida Cali un bicarril por el separador central implicaría reconfigurar la sección vial de la calle 72 por lo que se recomienda mantener la configuración actual y analizar si se puede suplir la necesidad de cicloruta por una vía paralela, ejemplo calle 80. También, para la calle 72 se recomienda conservar los puentes existentes. Por último, cabe destacar que los diseños de la PLMB (línea elevada) no pueden tomarse como referencia para la L2MB sino para el tramo en viaducto entre estaciones 10 y 11.

ET04 - PREDIAL. La estrategia de adquisición predial prevé la adquisición de unos 1.800 predios por montos de inversión del orden de los 1.600.000 millones COP (excluyendo el predio del patio taller). Para situar este monto dentro de los propios montos presupuestados por el estudio de prefactibilidad, se prevé gastar más dinero en predios que en trenes cotizados en 1.130.000 millones COP, y por otro lado, tanto dinero en predios como en el túnel, cotizado en 1.670.000 millones COP. Esta estrategia cuenta con debilidades desde otros cristales también. Por un lado, desde la demanda es de tal envergadura la acción sobre predios que cabría haber analizado si ello tenía un efecto sobre la demanda del corredor. En términos sociales constituye un riesgo fuerte de oposición y en términos de gestión, le imprime un gran riesgo plazo ante la eventual imposibilidad de disponer de los predios para empezar los trabajos y por ende constituir una fuente de riesgo de costo al proyecto.

ET05 - AMBIENTAL. Los aspectos ambientales fueron debidamente tratados en el marco del estudio de prefactibilidad señalando primeramente la presencia de los humedales de Juan Amarillo y la Conejera, los cuales son ecosistemas de importancia y que el trazado de túneles del proyecto prevé recorrer a más de 20 m de profundidad. Sobre el particular, no existe normativa específica puesto que la desarrollada hasta el momento atendía el conjunto de intervenciones a realizar desde la superficie. Corresponderá pues crear un espacio de trabajo conjunto con la SDA con miras a cumplir con el principio rector de la protección y preservación de los humedales ante esta situación constructiva excepcional. En algunos otros sectores como por ejemplo las inmediaciones de la estación N°8 y en el

predio del Patio Taller cabrá realizar un pormenorizado análisis del alcance del proyecto y de las ZMPA del Humedal Juan Amarillo y del Río Bogotá, respectivamente.

ET05 - SOCIAL. En relación a los aspectos sociales, se identificó como crítico el paso del proyecto por la zona del humedal Juan Amarillo, teniendo en cuenta en esta oportunidad que el tema puede convocar a diversas organizaciones, líderes y otros interesados que pueden convertirse en detractores del proyecto. Si bien en el territorio del proyecto el estudio de prefactibilidad no ha mencionado la existencia de comunidades étnicas, se está consolidando el Cabildo Muisca de Suba. Tanto por su rol social como porque ha apoyado en el pasado la no intervención del Humedal Juan Amarillo, corresponde identificarlo como un interesado del Proyecto y contemplarlo en los planes estratégicos sociales.

En complemento del impacto social indicado en relación a los predios, corresponde contemplar también las afectaciones al comercio formal que tendrá el proceso constructivo de las estaciones emplazadas bajo la calzada vehicular como es principalmente el caso de las estaciones 1 y 5. Corresponderá pues, una vez consolidados los diseños de estación y procesos constructivos, generar un plan de gestión pertinente.

En cuanto a los aspectos arqueológicos, se debe realizar el Registro del Programa de Arqueología preventiva (PAP) ante el ICANH como puntapié inicial de todas las actividades relativas.

ET21 - REQUISITOS BIM. La información BIM contenida en el estudio de prefactibilidad será considerada como guía para el desarrollo de la etapa de factibilidad del proyecto, pero no se utilizará el modelo ya que en esta etapa de estudios se realizarán modelos de levantamiento con un nivel de información (LOI) y nivel de detalle (LOD) con más detalle y más precisión. Se prevé que la topografía tenga un nivel de detalle suficiente acorde a tal fin. El área del levantamiento de información se coordinará entre la disciplina ambiental, predial y de urbanismo para definir el área de influencia directa en el proyecto para evitar falta de información a lo largo de la factibilidad. El entorno urbano de la prefactibilidad se presume que se realizó satelitalmente con el software Infracore, en la factibilidad se debe realizar el levantamiento de la información acorde con la ET-06 de topografía. En la prefactibilidad no se evidencia mayor detalle de las vías y para la factibilidad se debe tener más detalle al realizar el levantamiento de las calles principales en su utilización ya que algunas pudieron haber tenido cambios en su distribución. En la prefactibilidad solo se ven redes húmedas subterráneas y para la factibilidad se debe tener el levantamiento de las redes secas subterráneas y no sólo las húmedas, además de que el tamaño y la ubicación debe ser el preciso. En la prefactibilidad no se evidencian postes y demás redes superficiales por lo que para la factibilidad se debe tener en cuenta el levantamiento de postes, redes eléctricas, cajas de telecomunicaciones, y demás redes secas superficiales. Las tapas de los pozos de las redes húmedas en la prefactibilidad y la factibilidad deben poder verse a nivel de terreno y no estar enterrados así como las de las válvulas totalizadoras de acueducto por si deben desplazarse. Se pueden ver una redes rectangulares en la prefactibilidad como redes proyectadas pero para la factibilidad se debe contar con ésta información y levantamiento preciso para cumplir con el LOD del tamaño real y posiblemente unas redes con propiedades circulares. Para la factibilidad el levantamiento de la información de edificaciones, pilas de puentes y vías debió ser más detallado y levantar correctamente el área de influencia de la línea completa y no solo las vías principales. En la prefactibilidad las edificaciones se encuentran unidas entre ellas como un único elemento e idealmente deberían ser edificaciones independientes. En la prefactibilidad según la información consultada, no hubo un levantamiento de la señalización ni primaria ni secundaria, por lo que se deberá realizar para nivel de factibilidad como parte de los entregables.

ET09 - INTERFERENCIAS CON REDES DE SERVICIOS. Sobre redes de acueducto, alcantarillado y residuales, en el análisis realizado en la prefactibilidad se identificaron 49 interferencias con redes matrices y troncales, de las cuales en 18 consideraron relocalización de redes. Entre las interferencias relocalizadas, se resaltan las interferencias detectadas en la ALO toda vez que la configuración de la L2MB hace que se tengan que generar trasvases de cuencas pluviales y residuales. En efecto, el estudio de prefactibilidad plantea la transferencia de áreas de los interceptores del Juan Amarillo al Interceptor del Río Bogotá; para el caso de las aguas pluviales, el planteamiento considera un trasvase de las cuencas de los humedales Juan Amarillo y Conejera al río Bogotá. En el mismo punto de cruce con la ALO, la prefactibilidad propone la proyección de tres nuevos sistemas de alcantarillado que conducen las aguas de escorrentía al pondaje Fontanar. Este aporte adicional de aguas lluvias, hace que se rebase la capacidad de almacenamiento actual y, por lo tanto, se hace necesaria la proyección de una estación de bombeo que lleve las aguas y volúmenes en exceso al río Bogotá directamente. Respecto a las redes menores de acueducto y locales de alcantarillado los documentos no presentan un análisis de interferencias detallado que permita tener claridad sobre qué redes son afectadas por el proyecto y qué longitud de traslado se considera en el presupuesto. La información base de redes de acueducto y alcantarillado corresponde a información secundaria extraída del visor SIGUE de la EAAB-ESP y no a información de levantamiento de campo. Teniendo en cuenta esta condición, en etapas posteriores de diseño es probable que se encuentre un mayor número de interferencias. De manera general, el documento de prefactibilidad no referencia acciones específicas enfocadas a la protección de las redes matrices o troncales durante la fase de construcción y operación del proyecto. El documento no establece si existe armonización de las redes trasladadas con otros diseños de redes acueducto o alcantarillado y, por lo tanto, se pueden requerir traslados adicionales.

En cuanto al tendido a las redes de gas, la información contenida en el estudio de prefactibilidad no poseen información acerca de la totalidad de las redes de gas. En efecto, las interferencias ilustradas en el archivo “5.3 revisión de redes secas” no muestran la totalidad de las redes de gas construidas en polietileno. El presupuesto estimado no incluye protecciones y/o profundizaciones de las redes de gas, únicamente incluye las redes que presentan interferencias con las estaciones del corredor L2MB. Los resultados del estudio de prefactibilidad para redes de gas, se compararon con información secundaria existente y consultada por MOVIUS. En la etapa de factibilidad se realizará un inventario más detallado de redes, para identificar, actualizar las interferencias y posibles soluciones con el fin de determinar con mejor precisión las cantidades y costos asociados.

Las redes eléctricas de acuerdo con la información de Enel-Codensa fueron consultadas por el estudio de prefactibilidad. En el corredor del proyecto se identifican tres cruces de líneas de alta tensión de 115 kV en la calle 72 por Av. Carrera 68 (Circuito Calle 67 - Castellana - Salitre), en la Calle 72 por Avenida Rojas (Circuito Salitre - Suba) en la Av. Ciudad de Cali (Calle 127) por Carrera 103 (Circuito Florida - Bolivia), en el estudio de factibilidad se debe verificar si el desarrollo del proyecto genera interferencia con las líneas de alta tensión y proyectar la solución de manera conjunta con el operador propietario de las líneas (Enel - Codensa), todo lo cual no fue abordado en el estudio de prefactibilidad. En la siguiente etapa de este estudio de asesoría se realizará un levantamiento de redes para identificar y actualizar las interferencias y posibles soluciones en base al alineamiento definitivo retenido y así poder determinar con mejor precisión las cantidades y costos asociados. Asimismo, se relevarán los proyectos de expansión por parte de Enel - Codensa para su armonización con el proyecto.

La información contenida en el estudio de prefactibilidad para las redes de telecomunicaciones da cuenta del relevamiento realizado a instancias de los operadores sobre los cuales se determinó que tienen presencia en el corredor metro, con infraestructura propia. Estos operadores son ETB, MOVISTAR, TIGO UNE listando un conjunto de interferencias a lo largo del trazado. Por su parte, este asesor tomó también contacto con los operadores y a la fecha de elaboración de este informe se obtuvo respuesta de las solicitudes de información de parte de la ETB y TIGO

UNE. El operador de red MOVISTAR aún no ha emitido la respuesta a la solicitud de información. Se identifican redes del operador de red CLARO sin embargo estas no cuentan con infraestructura propia y están presentes en el corredor mediante infraestructura de propiedad de CODENSA en calidad de arrendamiento. El presente estudio se realiza con base en la información secundaria existente, por que es necesario que en una etapa posterior, se realice el respectivo levantamiento de redes para identificar y actualizar las interferencias y posibles soluciones y así poder determinar con mejor precisión las cantidades y costos. Se sugiere adelantar los contactos con los operadores, en particular ETB, con miras a generar un acuerdo que permita establecer los costos de acompañamiento y aprobación de los diseños por parte de ETB. Igualmente, evaluar los costos de subterranización de redes en interferencia que deben ser a cargo de los operadores en el marco del POT actual.

ET 28 CAPEX: dentro del desarrollo de los trabajos de factibilidad se actualizará todo el CAPEX del proyecto de acuerdo con las definiciones y resultados de la fase de estudio, el proceso incluirá un presupuesto detallado involucrando cantidades y precios unitarios. Este proceso involucra el detalle de aspectos pendientes durante los estudios de prefactibilidad como es el caso del centro de control y operación, adecuación del patio taller, definiciones del tipo de túnel (mono o bitubo), interferencias de redes, intercambiadores, bocas de acceso, predios afectados, entre otros aspectos. Así mismo, se evaluará y actualizará impactos de la pandemia Covid como el presentado en el acero de refuerzo. Un factor relevante y que será abordado en los diseños de factibilidad en conjunto con EMB es la definición de límite de compra predial en virtud de la magnitud del presupuesto requerido, para lo cual las optimizaciones de trazado propenderán por la búsqueda de la mejor solución.

Por último, se analizará y evaluará la incidencia de los costos indirectos, consolidando información de mercado para aspectos como pólizas, seguros, garantías, plazos de cubrimiento, amparos entre otros. Así mismo, se involucra aspectos como esquema de contratación y excepciones tributarias (si aplica).

ET 27 PROGRAMA DE OBRA Y FLUJO DE INVERSIÓN: 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, así como los tiempos de fabricación, transporte y suministro de equipos (p. ej.: material rodante) y maquinaria (p. ej.: TBM) de origen internacional. Así mismo, se evaluarán los impactos por las restricciones de tráfico, traslado de redes y la gestión predial.

En relación con temas financieros serán evaluados los posibles impactos por el tema de cierre financiero y condiciones legales.

En relación con el flujo de inversión se detallarán y precisarán aspectos relevantes resultantes de los diseños de factibilidad y definiciones legales y financieras así como de la valoración de riesgos, de forma que se logre la mejor relación técnico - financiera. Se evaluarán la necesidad e impacto del uso de anticipo y/o capital de trabajo inicial, plazo de cierre financiero y la disponibilidad en el tiempo de la adquisición de los predios requeridos para el proyecto.

ET06 - TOPOGRAFÍA El estudio de prefactibilidad empleó información secundaria para la realización del trazado. Toda vez que el diseño de factibilidad requiere de mayor precisión se están llevando a cabo relevamientos ad hoc entre los cuales se lista el relevamiento con LIDAR aerotransportado a partir del cual se obtendrá el modelo digital

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-L02-IFU-M-0001_VF

de la superficie (MDS), que a su vez será convertido luego en un modelo digital del terreno (DTM) filtrando de lo anterior sólo los puntos relativos al suelo, todo lo cual complementado con ortomosaico.

Finalmente, cabe destacar que la prefactibilidad ha sido un aporte especialmente valioso para algunos sistemas y disciplinas con grandes aciertos (demanda, operación, geotecnia, ambiental, social, elección del predio para Patio Taller). En otros casos, el análisis y el nivel de detalle de las propuestas y desarrollos representan el estado del arte de dichas áreas de conocimiento o sistemas, sin conferirle aún una identidad al prediseño de la línea tal que la convierta en la Línea 2 del Metro de Bogotá y su primera línea de metro subterránea. Por último, es el entendimiento de esta asesoría que en lo relativo a emplazamiento de estaciones y trazado geométrico el enfoque adoptado permitió encontrar muchas oportunidades de mejora.