

Debate Primera línea del Metro

Concejal Javier Santiesteban Millán

Comisión de Hacienda
Proposición No. 239 de 2016

20 de enero de 2017

El Metro subterráneo

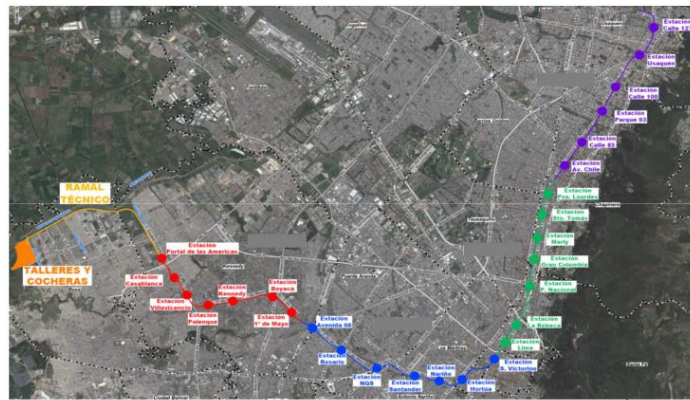


Figura 3: Trazado original CL1 con inserción subterránea

- A finales del 2014, como resultado de los estudios y diseños de ingeniería básica avanzada, contratados con el Consorcio CL1, se definió que el trazado de la Primera Línea del Metro de Bogotá - PLMB sería 100% subterráneo.
- El trazado iniciaría en el Portal de las Américas y terminaría en la Calle 127.
- Los patios y talleres estarían ubicados al Sur Occidente del portal de las Américas en el predio Bosa 37 para lo cual se hacía necesaria la implementación de un ramal técnico de conexión de aproximadamente 5 km.
- En su recorrido se estableció un total de 27 estaciones.
- El valor total de esta inversión a precios del año 2014 era de \$14,895 billones; US 276 millones por KM.

La optimización del diseño original de la PLMB

- A finales de 2015, el Alcalde Peñalosa planteó la ejecución de una PLMB más económica, mayormente integrada con antiguas, nuevas y futuras troncales de TransMilenio, con el fin de mejorar del sistema de transporte masivo.
- Ante esta situación, la Financiera de Desarrollo Nacional- FDN propuso a la nueva administración distrital, en enero de 2016, optimizar el diseño original de la PLMB, en el sentido de:
 - i) Maximizar las ideas de ahorro surgidas durante el proceso de Ingeniería de Valor realizado por la FDN
 - ii) Tener en cuenta la restricción presupuestal establecida por el Gobierno Nacional y Distrital, por valor de 13,79 Billones de pesos
 - iii) Considerar la devaluación que ha sufrido la moneda local frente al dólar americano, que ha causado un aumento en el costo del proyecto.
 - iv) Introducir ajustes al diseño original

Para estos efectos de celebró el Contrato 02 de 2016 con SISTRA, subsidiaria del Metro de Paris y diseñadora de metros en 63 países.

Contrato 02 de 2016 con SYSTRA

La FDN y el Distrito, suscribieron el Contrato 02 de 2016 con la firma SYSTRA, cuyo objeto es adelantar un “*Estudio comparativo de alternativas de ejecución por tramos y tipologías de la primera línea de metro para la ciudad de Bogotá (PLMB), con identificación y cuantificación de ahorros que optimicen el beneficio.*”, cuyos entregables son:

- Entregable 1: Plan de trabajo y cronograma
- Entregable 2: Estudio de experiencias internacionales en metros elevados y recomendaciones para el caso de Bogotá
- Entregable 3: Estudio de alternativas para optimizar el diseño de la PLMB
- Entregable 4: Recomendaciones para tipología elevada del tramo 1 de alternativa seleccionada

Contrato 02 de 2016 con SYSTRA

- Entregable 5: Beneficios económicos de opciones de inversión frente al trazado original
- Entregable 6: Análisis de sostenibilidad financiera del tramo 1
- Entregable 7: Cronograma general de ejecución por tramos, presupuesto preliminar y plan de inversiones
- Entregable 8: Elaboración de documento CONPES
- Entregable 9: Informe final

Estos estudios fueron entregados por la consultora para aprobación del Comité de Seguimiento de la Consultoría, en noviembre de 2016.

A continuación se presentan los principales resultados de esta consultoría, unas observaciones y unos interrogantes.

Estudio de alternativas para optimizar el diseño de la PLMB

- La consultoría adelantó un análisis multicriterio de comparación de trazados y de diferentes configuraciones de infraestructura en el cual se compararon 8 alternativas.
- La primera de las cuales corresponde al trazado y configuración planteado por el Consortio CL1 (100% subterráneo), para luego combinar infraestructura subterránea y de viaducto en diferentes porcentajes y trazado hasta llegar a una alternativa 100% viaducto.
- El resultado de este análisis fue la confirmación, de la factibilidad de la inserción de la infraestructura viaducto a lo largo de las avenidas Villavicencio, Primero de Mayo, NQS, Calle 8 Sur y Calle 1.

Estudio de alterativas para optimizar el diseño de la PLMB

- Las avenidas Carrera 10ª, Carrera 13 y Carrera 11 hasta la Calle 127, por sus características urbanas se consideró que no son propicias para la inserción de infraestructura, tipo viaducto. Por lo tanto, se consideró la opción de la Avenida Caracas, desde la calle 1 hasta la calle 127.
- Con el objetivo de comparar las alternativas/escenarios, se equipararon el número de estaciones en 22 (incluida la alternativa base), hasta la Calle 127 y un mismo escenario de oferta de transporte y matriz OD (origen - destino) en el horizonte 2030.
- Las 8 alternativas evaluadas son las siguientes:

Alternativas evaluadas



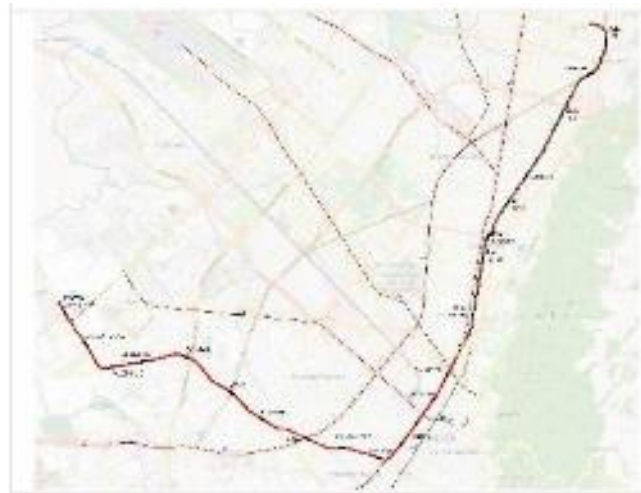
Alternativa base modificada –
100% túnel



Alternativa A.1 – 68% túnel, 32%
viaducto



Alternativa B.1 – 41% túnel, 59%
viaducto



Alternativa B.2 – 41% túnel, 59%
viaducto

Alternativas evaluadas



Alternativa C.1 – 31% túnel, 69% viaducto



Alternativa C.2 – 31% túnel, 69% viaducto



Alternativa D.1 – 100% viaducto



Alternativa D.2 – 100% viaducto

Síntesis de las principales características de las alternativas

Familias para Modelación	Alternativas para Multicriterio	Características							
		Tipo de infraestructura		Longitud de la línea en metros			N° estaciones		
		Tramo 1	Tramo 2	Longitud túnel (m)	Longitud viaducto (m)	Total (m) ²	Elevada	Subterr.	Total
A	Alt. Base modificada	Subterr.	Subterr.	27 063	0,0	27 063	0	22	22
	A.1	Elevado	Subterr.	18 285	8 828	27 113	7	15	22
B	B.1	Elevado	Subterr.	10 993	15 860	26 853	14	8	22
	B.2	Elevado	Subterr.	10 993	15 681	26 674	14	8	22
C	C.1	Elevado	Parcial subterr. elevado	8 273	18 573	26 846	16	6	22
	C.2	Elevado	Parcial subterr. elevado	8 273	18 394	26 668	16	6	22
D	D.1	Elevado	Elevado	0	25 829	25 829	22	0	22
	D.2	Elevado	Elevado	0	25 651	25 651	22	0	22

- La Alternativa Base Modificada contempla 2 tramos subterráneos con una longitud del túnel de 27.063 M y 22 estaciones subterráneas.
- La Alternativa D.1 -que fue la seleccionada- contempla 2 tramos elevados, con una longitud del viaducto de 25.829 M y 22 estaciones elevadas.

Componentes analizados en la matriz multicriterio

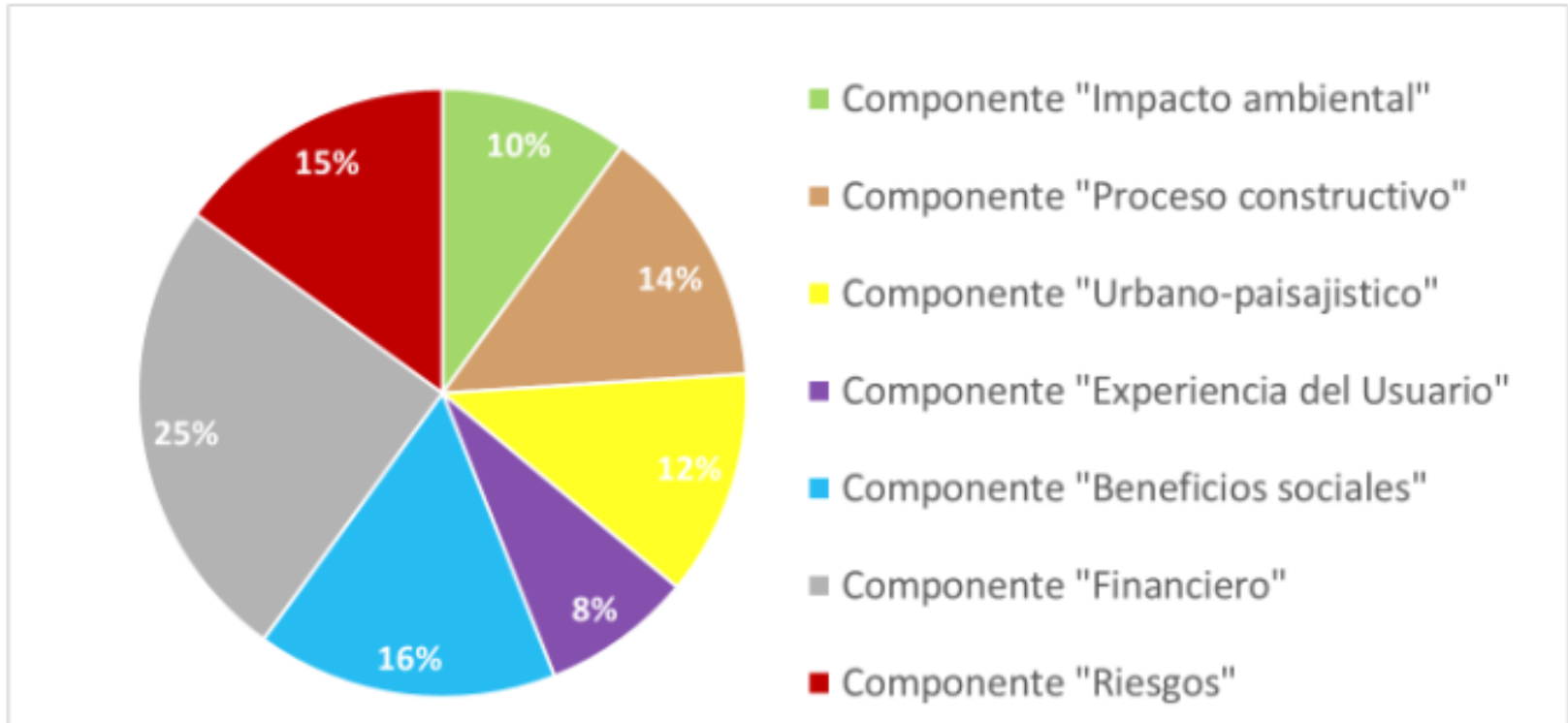


Figura 4: Peso de los componentes de evaluación – Fuente: Comité de Seguimiento Consultoría (CSC)

- Se definieron 7 componentes de evaluación con un peso específico cada una y se aplicaron a las 8 alternativas.
- Sobresalen el componente financiero con el 25%; el componente beneficios sociales con el 16%; el componente riesgos con el 15%;....
- A cada componente se asignaron unos criterios e indicadores, para un total de 31.

Metodología de calificación y resultados

Se estableció una metodología de **Calificación cuantitativa y cualitativa**. Las notas se distribuyen entre 5 grupos de “A” a “E”, siendo la A la mejor nota y la E la menor nota.

Comparando la Alternativa Base Modificada (100% subterráneo) y la alternativa D.1 (100% elevado) que fue la seleccionada, los resultados obtenidos para los 31 criterios fueron los siguientes:

Alternativa base modificada

9 criterios con calificación A (mejor nota),
18 criterios con calificación E (menor Nota)
y 4 criterios con calificación D

Alternativa D.1

22 criterios con la calificación A (mejor nota),
6 criterios con calificación E (menor nota)
y 3 criterios con calificación B

La alternativa D.1 seleccionada, a pesar de que tuvo 22 criterios con calificación A, también tuvo 6 criterios con calificación E (menor nota) .

Alternativa D.1 con Calificación E-menor nota

CRITERIO CALIFICADO	BASE MODIF	A.1	B.1	B.2	C.1	C.2	D.1	D.2
Criterio "Ruido y vibraciones", indicador generación de ruido por la operación del sistema								
Valor en (dB) en operación	70,0	78,0	85,9	85,9	88,2	88,2	95,0	95,0
Calificación	A	B	D	D	D	D	E	E

El indicador "generación de ruido por la operación del sistema", para el caso de la Alternativa D.1 obtuvo una calificación E (menor nota). 95 dB en operación

Criterio "Redes de Servicios Públicos", indicador interferencias con redes principales								
MI redes impactadas	3.845	8.016	8.133	8.524	7.935	8.516	8.987	9.568
Calificación	A	D	D	E	D	E	E	E

El indicador "interferencias con redes principales", para el caso de la Alternativa D.1 obtuvo una calificación E (menor nota). Se impactan 8.987 MI de redes

Alternativa D.1 con calificación E-nota mas baja

CRITERIO CALIFICADO	BASE MODIF	A.1	B.1	B.2	C.1	C.2	D.1	D.2
Criterio "Impacto Urbano", indicador afectación de barrios con interés arquitectónico y/o urbanístico								
M ² edificac. impactadas	128.653	311.858	354.653	380.640	547.361	573.348	746.261	772.248
Calificación	A	B	B	B	D	D	E	E

El indicador “afectación de barrios con interés arquitectónico y/o urbanístico”, para el caso de la Alternativa D.1 obtuvo una calificación E (menor nota). 746.261 M2 de edificaciones impactadas.

Criterio "Impacto Urbano", indicador impacto visual								
% de llenos / vacíos	0%	10%	13%	14%	18%	19%	22%	23%
Calificación	A	C	C	D	E	E	E	E

El indicador “impacto visual”, para el caso de la Alternativa D.1 obtuvo una calificación E (menor nota).

Alternativa D.1 con calificación E-nota mas baja

CRITERIO CALIFICADO	BASE MODIF	A.1	B.1	B.2	C.1	C.2	D.1	D.2
Criterio "Riesgo sísmico", indicador riesgo sísmico para las estructuras								
Según potenc. sísmico	4,6	4,2	3,8	3,8	3,4	3,4	3,0	3,0
Calificación	A	B	C	C	D	D	E	E

El indicador “riesgo sísmico para las estructuras”, para el caso de la Alternativa D.1 obtuvo una calificación E (menor nota).

Criterio "Perturbaciones al Tráfico", indicador perturbaciones en la operación del BRT								
Km BRT impactados	3,40	3,40	4,25	3,77	7,03	6,55	14,6	14,12
Calificación	A	A	B	A	C	B	E	E

El indicador “perturbaciones en la operación del BRT”, para el caso de la Alternativa D.1 obtuvo una calificación E (menor nota). 14,6 Km de BRT impactados.

Calificación final análisis multicriterio

Componente	Familia A		Familia B		Familia C		Familia D	
	ABM	A.1	B.1	B.2	C.1	C.2	D.1	D.2
"Impacto ambiental"	0,27	0,28	0,28	0,24	0,30	0,24	0,43	0,39
"Proceso constructivo"	0,37	0,35	0,36	0,41	0,46	0,51	0,53	0,53
"Urbano-Paisajístico"	0,37	0,36	0,39	0,26	0,35	0,26	0,42	0,32
"Experiencia del Usuario"	0,11	0,16	0,24	0,24	0,29	0,29	0,37	0,37
"Beneficios sociales"	0,160	0,465	0,211	0,252	0,497	0,497	0,800	0,800
"Financiero"	0,25	0,50	0,85	0,85	0,90	0,90	1,25	1,25
"Riesgo"	0,35	0,37	0,42	0,40	0,50	0,47	0,63	0,60
TOTAL	1,88	2,48	2,76	2,65	3,30	3,18	4,43	4,26

Tabla 5 - Resultado final global del análisis multicriterio según escenario definido por CSC – Fuente: SYSTRA

- La Alternativa D.1 es la que obtiene la mayor nota (4,43), por tanto es la alternativa seleccionada. Tiene un trazado 100% elevado a lo largo de las avenidas Villavicencio, Primero de Mayo, Calle 8 sur, Calle 1 y Avenida Caracas.
- La Alternativa Base Modificada (100% subterránea) obtuvo una nota de 1,88.

Impacto urbano paisajístico del viaducto



Metro de Medellín

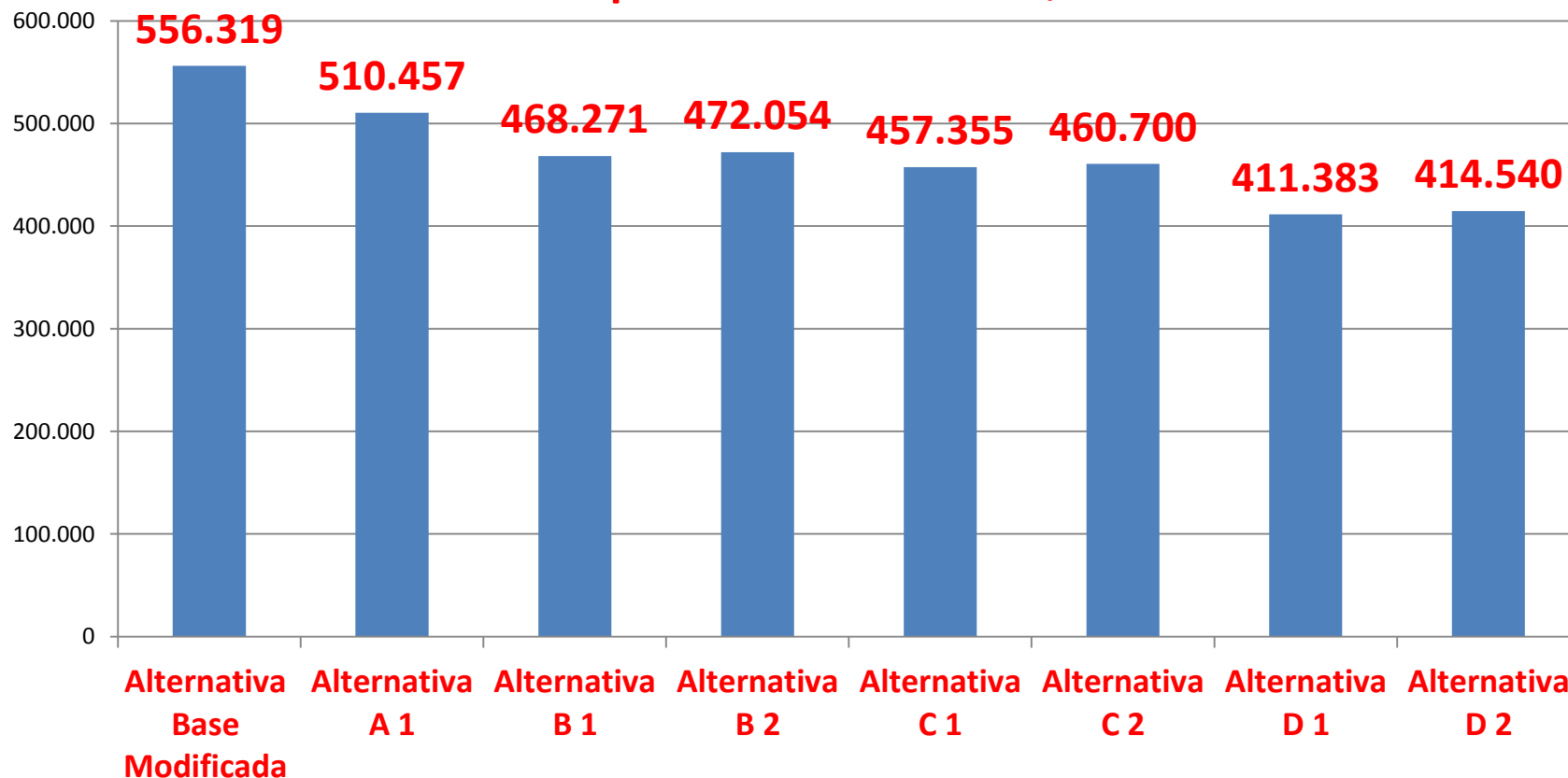
- Según la consultoría, la tipología viaducto es la que tiene un mayor impacto urbano-paisajístico.
- Por tanto, según la consultoría es necesario concebir e implantar un proyecto que mitigue este impacto.

Preguntas:

- ¿Cuales serían las acciones de mitigación?
- ¿Que recursos adicionales habría que contemplar para la mitigación?
- ¿Están contemplados en los costos de la PLMB?
- ¿De donde saldrían estos recursos?

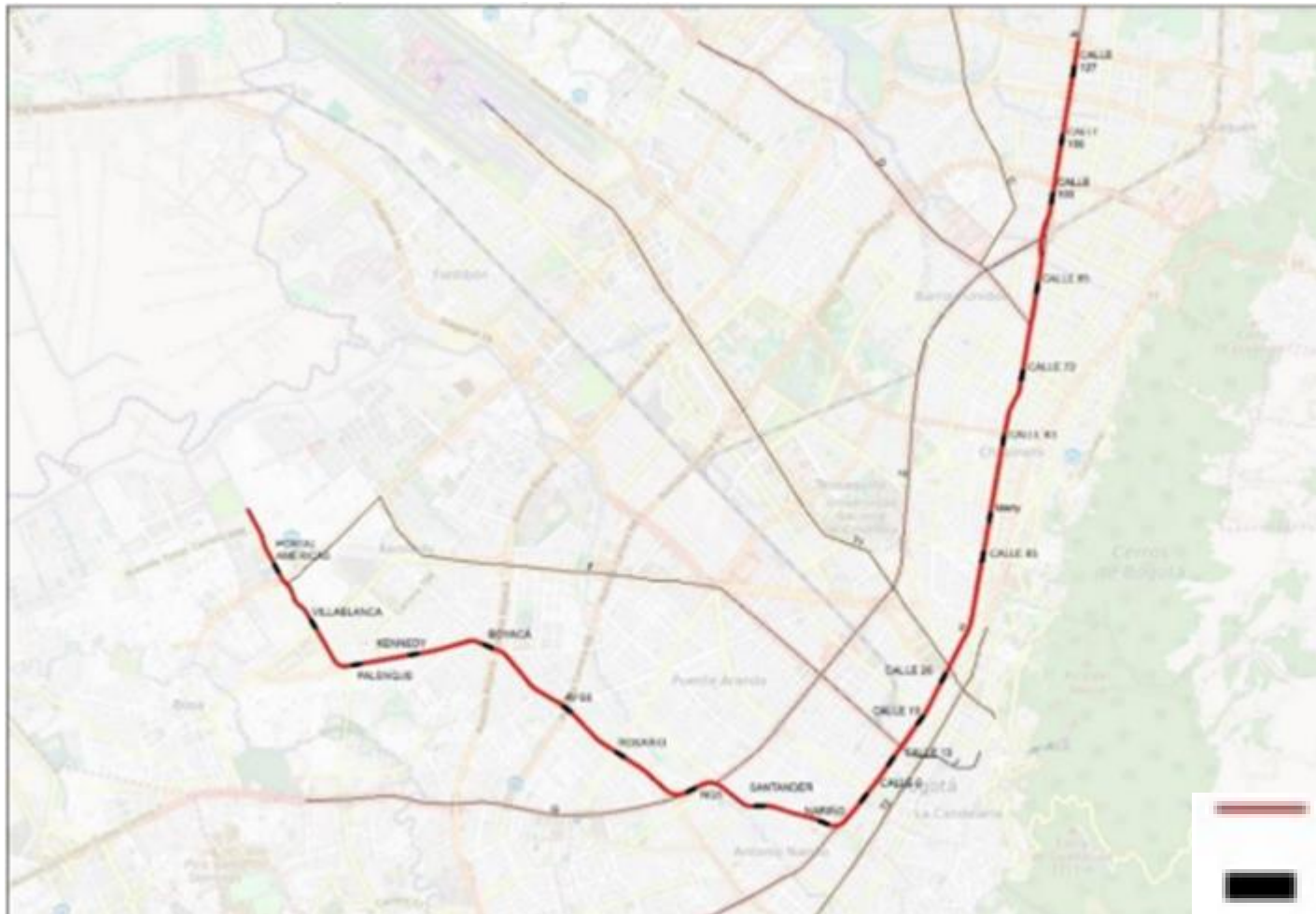
Estimaciones de costos de inversión por alternativa

Costo por KM- millones de \$



- El costo por KM de la Alternativa Base Modificada (100% subterránea) es de \$556.319 millones
- El costo por KM de la Alternativa D.1 -alternativa seleccionada-es de \$411.383 millones, un 26% menos que la alternativa base

Alternativa D.1 seleccionada- trazado a largo plazo



ESTACIONES
Portal Américas
Villablanca
Palenque
Kennedy
Boyacá
Av 68
Rosario
NQS
Santander
Nariño
Calle 6
Calle 13
Calle 19
Calle 26
Calle 45
Marly
Calle 63
Calle 72
Calle 85
Calle 100
Calle 106
Calle 127

El trazado de la alternativa D.1 que va desde la Estación Portal Américas hasta la calle 127, en viaducto y tiene 22 estaciones, fue la alternativa seleccionada.

Opciones de inversión

- El Gobierno Nacional y el Distrital establecieron una restricción presupuestal por valor de \$12,82 billones para la PLMB.
- Teniendo en cuenta este techo presupuestal, se hicieron 2 ejercicios:
 - Construir el 100% del trazado de la alternativa D.1 seleccionada, hasta la Calle 127, pero agotando los recursos, sin dejar posibilidades de invertir en troncales de TM que alimentaran al metro.
 - Se realizó un segundo ejercicio de comparación de hasta dónde sería conveniente construir el Tramo 1 de la línea (llamado nodo de terminación) para además viabilizar una red de troncales alimentadoras de TM
- Los nodos de terminación analizados fueron: Calle 26, Calle 63, Calle 72, Calle 100 y Calle 127.
- Los resultados de la evaluación son los siguientes:

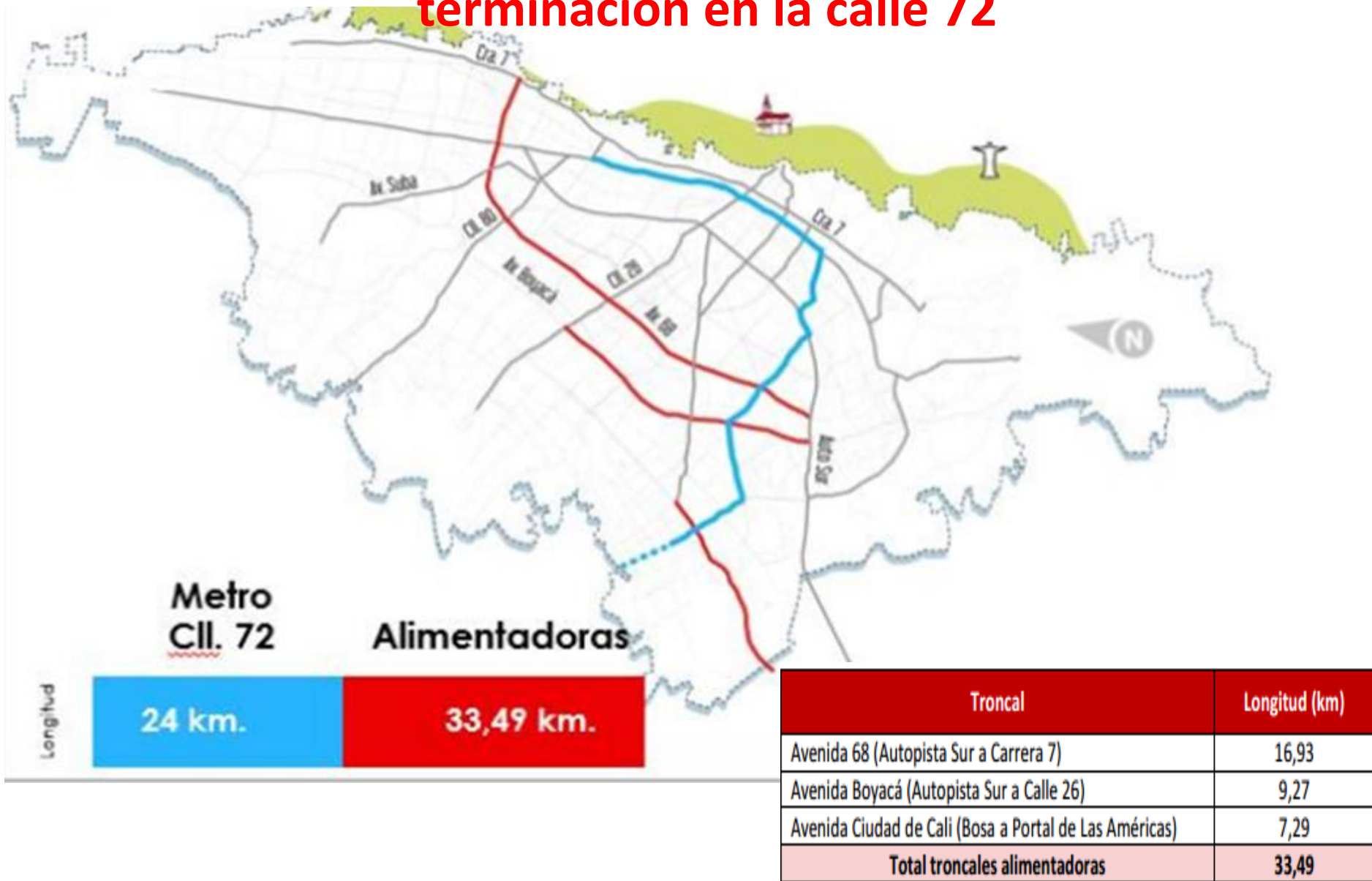
Calificación por Opción de canasta de inversión*

Canasta A Nodo Calle 26	Canasta B Nodo Calle 63	Canasta C Nodo Calle 72	Canasta D Nodo Calle 100	Canasta E Nodo Calle 127
3,55	3,45	3,90	3,00	1,48

- De manera similar al proceso de análisis multicriterio para las alternativas de trazado, se propusieron pesos relativos para los criterios e indicadores que componen la evaluación de las canastas.
- Se seleccionó la Canasta C, que obtuvo 3,90 puntos (el mayor puntaje)
- Esta opción contempla un conjunto de inversiones para la ejecución del Tramo 1 de la PLMB hasta la Calle 72 y varios tramos de troncales de TransMilenio.

* Al conjunto de inversiones de una línea de metro hasta cierto nodo de terminación, sumado a un grupo de troncales alimentadoras, se le denomina “Canasta de Inversión”

Proyectos de inversión canasta C con nodo de terminación en la calle 72



Trazado del Tramo 1 a nivel de prefactibilidad

- El Tramo 1 va desde la estación Portal Américas hasta la estación Calle 72.
- El trazado desde el Portal Américas hasta la estación Hospitales que está situada al noreste del cruce de la Avenida Caracas con Calle 1, es el mismo desarrollado en la ingeniería básica del Consorcio CL1.
- A partir de este punto, el trazado sigue el eje central de la Avenida Caracas hasta la estación terminal (Calle 72). Comparte este eje con la troncal Caracas de TransMilenio.



Ramal técnico



- La PLMB contempla además un el ramal técnico hasta el patio-taller de 5,0 km de longitud que según la Consultoría no ha sido definida su localización.
- En esta consultoría se supuso que el ramal técnico es el mismo propuesto por el Consorcio L1.
- Sin embargo, el Distrito Capital y la FDN vienen adelantando un estudio para identificar y seleccionar una mejor alternativa, incluyendo posibles ubicaciones en el municipio de Mosquera.

Preguntas:

- ¿Cuales son las razones para cambiar el ramal técnico propuesto por el Consorcio L1? ¿Por qué ubicarlo en Mosquera?
- Si se incrementa el costo del ramal técnico, ¿de donde saldrán los recursos?

Supresión de tres estaciones de la PLMB- tramo 1

- Para el Tramo 1 de la PLMB, se partió de un conjunto de 18 estaciones que se fueron reduciendo a 15 estaciones.
- Se eliminan las estaciones: calle 3-4, calle 19 y calle 53.
- La interdistancia entre estaciones se aumenta de 1.074 m a 1.381 m.
- En el escenario con las 18 estaciones se tenía un volumen de embarques a la PLMB de 67.330 en la hora pico.
- Al suprimir las tres estaciones se reducen costos, pero se reducen los embarques, impactando negativamente los ingresos.

Preguntas:

- ¿Por qué se eliminaron estas 3 estaciones?
- ¿En cuanto se disminuye el volumen de embarques? ¿Cual es el impacto?

La adecuación de la Avenida Caracas



Según la consultoría, para evitar conflictos entre TM y el metro, se debe adecuar el perfil de la Avenida Caracas junto con la infraestructura de TransMilenio:

- El separador central de la avenida deberá ser ensanchado a 9 m
- los carriles exclusivos del sistema deberán ser desplazados
- suprimir un carril para el tránsito general, especialmente si se quiere asignar espacio a la bicicleta para llegar a las estaciones o para circular.

La adecuación de la Avenida Caracas



- La supresión de un carril, puede generar serios problemas de movilidad.
- Para el consultor, la solución integrada, la construcción del viaducto y de las estaciones de intercambio en una troncal BRT en operación representan un reto de planeación de movilidad.
- No hay claridad todavía sobre la mejor opción para adecuar la Avenida Caracas sin agravar los problemas de movilidad que hoy tiene.

Preguntas:

- ¿Es suficiente el ancho de la Caracas para albergar adecuadamente TM, metro, carriles, cicloruta y anden?
- Si se suprime un carril ¿que alternativas se han evaluado para la circulación de los vehículos que utilizan este corredor?
- ¿En la adecuación de la Caracas se contempla arreglar las losas y construir deprimidos para aumentar la velocidad?

Cronograma de la PLMB a nivel de prefactibilidad

El proyecto de la Primera Línea del Metro de Bogotá, desde el patio-taller hasta la Calle 127, se ejecutará en dos tramos atendiendo de esta manera la limitación presupuestal vigente:

- **Tramo 1:** Patio-taller hasta la estación Calle 72, más cola de maniobras hasta la Calle 76
- **Tramo 2:** Calle 76 con Avenida Caracas hasta la Calle 127 con Autopista Norte.

De acuerdo a la disponibilidad de recursos, en el corto plazo solo se construirá el tramo 1 de la PLMB, es decir, desde el Portal Américas hasta la calle 72.

Las dos fases del tramo 1

El cronograma de construcción del tramo 1 contempla un escenario constructivo con dos fases:

Fase 1. Desde el patio-taller (a \pm 5 km de la estación Portal Américas) hasta la Avenida Caracas con Calle 26 a la altura de la estación Calle 26

Fase 2: Desde Avenida Caracas con Calle 26 hasta la estación Calle 72 más la cola de maniobras de 0,6 km que llega hasta la Calle 76.



Fase 2 (calle 26-calle 72) supeditada a la construcción de la troncal carrera 7

Según la consultoría, se ha previsto la posibilidad de distribuir parcialmente los viajes de los usuarios de la troncal Caracas hacia la nueva troncal Carrera Séptima (sobre todo para el tramo Calle 26 hacia el norte) y/o generar una adecuación provisional de la Carrera 13 para que se utilice como troncal de buses articulados y biarticulados.

Esto significa que la construcción de la fase 2 (calle 26-calle 72 queda supeditada a la construcción de la Troncal carrera 7, que según el cronograma de la troncal Kr 7 termina en el II semestre de 2019. Es decir, que es incierta la construcción de la fase 2.

Preguntas:

¿Cual es el cronograma de ejecución de la Troncal carrera 7? ¿En que va este proceso? ¿Cuando se termina su construcción?

¿Se cuenta con recursos para la adecuación provisional de la carrera 13?

¿Se esta trabajando un plan de manejo de trafico, para desviar el trafico por la construcción del viaducto y la adecuación de la Caracas?

Costos totales de inversión –PLMB y TM

Presupuesto por componentes	Valor MM COP
Primera Línea del Metro de Bogotá	9 734 450
Troncales Alimentadoras	3 225 649
TOTAL INVERSIÓN	12 960 099

Tabla 19 - Costos totales de inversión (Fuente: SYSTRA)

- El tramo 1 de la PLMB (Portal Américas-calle 72) tiene un costo de 9,7 billones
- Las troncales de TM tienen un costo de 3,2 billones
- Para un total de inversión de 12,9 billones.
- Las fuentes de financiación son 70% recursos de la nación y 30% recursos del D.C.

Sostenibilidad financiera y Tarifa del metro

La consultoría evaluó 2 escenarios:

- Escenario 1. Tarifa combinada de \$ 2.111 que toma en cuenta el precio de \$2.000 para viajes unimodales y de \$ 2.300 para viajes con transferencias. Estos son los precios que pagan actualmente los usuarios de TM. Este escenario no garantiza la sostenibilidad financiera. Es sostenible financieramente solo si se deja bajo la responsabilidad del Estado las renovaciones de la infraestructura y no por parte del operador-mantenedor.
- Escenario 2. Tarifa combinada de \$ 2.300, la cual significa un costo de \$ 2.100 para los usuarios de metro que no hacen transferencias y de \$ 2.640 para los que hacen transferencia con los modos SITP o TM. Este escenario propicia la cobertura de los costos del sistema mediante los ingresos tarifarios desde el inicio de las operaciones.
- En conclusión, según la consultoría, para cubrir las renovaciones de infraestructura durante todo el periodo de análisis es indispensable fijar la tarifa combinada en \$ 2.300 (2.100 sin transferencias y 2.640 con transferencias)

Buscar una tarifa equitativa

- La Tarifa recomendada en la consultoría es superior a las que se paga actualmente en TM.
- En Buenos Aires, el precio del boleto en el metro (SUBTE) es de 7,50 pesos argentinos que equivales a \$1.380,72 pesos colombianos.
- Hay que buscar unas tarifas mas equitativas. Por ejemplo, establecer un sistema de tarifa según cantidad de viajes como en Buenos Aires:

1 a 20 viajes: 7,5 pesos argentinos, equivale a \$ 1.380,72 pesos colombianos
21 a 30 viajes: 6,00 pesos argentinos, equivale a \$ 1.104,11 pesos colombianos
31 a 40 viajes: 5,25 pesos argentinos, equivale a \$ 966 pesos colombianos
41 viajes en adelante: 4,50 pesos argentinos, equivale a \$ 828 pesos colombianos

- Evaluar el sistema de pases y abonos como funciona en Buenos aires, para reducir la tarifa.

Cronograma ejecución PLMB- tramo 1

Item	Año Semestre	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1.	LINEA DE METRO														
1.1	Analisis de alternativas y selección del trazado														
1.2	Ingeniería básica														
1.2.1	Licitación														
1.2.2	Desarrollo de la consultoría														
1.3	Construcción														
1.3.1	Adquisición predial														
1.3.2	Traslado anticipado de redes														
1.3.3	Licitación														
1.3.4	Diseño para construcción														
1.3.5	Ejecución de las obras civiles fase 1 (1)														
1.3.6	Ejecución de las obras civiles fase 2 (2)														
1.3.7	Instalación sistema ferroviario														
1.3.8	Recepción y ensayos														

- La licitación y desarrollo de la consultoría de la ingeniería básica tiene un semestre de retraso. La licitación debería concretarse en el II semestre del 2016 y la consultoría desarrollarse en el I semestre del 2017.
- ¿se va a realizar la licitación en el II semestre del presente año, para que las obras civiles de la fase 1 (hasta la calle 72) comiencen a ejecutarse en el II semestre del 2018?
- La adquisición predial y el traslado de redes que deben comenzar en el I y II semestre del 2017, se puede adelantar antes de que se entreguen los diseños para la construcción?

Experiencias internacionales sobre metros elevados

Se analizaron los tramos elevados de sistemas de tipo metro en las ciudades de Ciudad de México, Santiago de Chile, Ciudad de Panamá, Singapur y Manila en Filipinas. Las conclusiones de la comparación son:

Manila y México: contraejemplos por su impacto visual desastroso, las rupturas urbanas (barrios desconectados), y la falta de integración urbana y física del viaducto.



Congestión al subir a la estación

Manila



Vista de una estación elevada

Mexico

Línea 12 del Metro de México

Problemas importantes de concepción que llevaron a un cierre de la línea durante 1 año, imagen negativa asociada a la línea.



Ejemplo de defectos de nivelación en curva

Líneas 1, 2 y 3 del metro de Manila



- infraestructura y estaciones de pobre calidad y sobre dimensionadas.
- Tecnología y unidades del material rodante inapropiadas con respecto a la carga de la línea.
- modelo de financiación sin ningún reparto de las responsabilidades y de los riesgos.
- ausencia de planeación de los transportes a mediano o largo plazo
- proyectos con oportunidad financiera y/o inmobiliaria sin “efecto red” global buscado.
- Ausencia de coordinación de la política de desarrollo urbano de la ciudad: inserciones de metro en viaducto que impiden hoy en día otros desarrollos (prediales, viarios, urbanos, etc....) y degradan aún la calidad de vida de la ciudad

Línea 4 del metro de Santiago y líneas 1 y 2 del metro de Singapur como buenas referencias



Intermodalidad bus-metro en el viaducto Línea 4

- Introducción del metro en una red de transporte ya existente con un enfoque integrador BRT/autobús/metro.
- Para Singapur con un peaje urbano que alimenta los transportes colectivos, en Santiago con una integración retrasada pero que funciona.
- Infraestructuras adaptadas al tejido urbano (subterráneo en centro ciudad y viaducto en periferia).

Línea 1 del metro de Panamá de doble filo

- falta de integración operativa (intermodalidad) y tarifaria.
- Preparación minuciosa de las contrataciones, armonización estética y de sistemas de las líneas 1 y 2

Del análisis de estas 5 experiencias internacionales sobre metros elevados, la consultoría saca 11 lecciones para el caso de Bogotá, que se deben tener en cuenta, tales como las siguientes:

- ✓ Prestar la atención necesaria a la elección y al dimensionamiento del material rodante
- ✓ Optimizar los costos mediante una planeación estratégica a mediano y largo plazo entre gestión predial, urbanismo y transporte
- ✓ Planear, modelar y concebir una red de transporte en su globalidad desde el principio
- ✓ Implementar una autoridad organizadora de transporte fuerte que gestione todos los modos de transporte, metro incluido, etc.

Conclusiones

- Los estudios entregados por SYSTRA, concluyen que la alterativa D.1 es la seleccionada, obtuvo la mayor calificación y el tramo es 100% elevado, desde el portal de las Américas a la calle 127.
- Hay 6 criterios calificados con la menor nota, que es necesario revisar.
- La alternativa D.1 es la menos costosa frente a las otras 7 evaluadas.
- La PLMB se va a construir por tramos. Tramo 1 hasta la calle 72 y tramo 2 hasta la calle 127
- Por la limitación de recursos, en el corto plazo solo se va a construir el tramo 1 hasta la calle 72, el cual se va a desarrollar en 2 fases. Fase 1 hasta la calle 26 y fase dos de la calle 26 a la calle 72.
- La fase 2 queda condicionada a la construcción de la troncal cra 7 y la adecuación de la carrera 13.

Conclusiones

- No se ha tomado la decisión sobre la localización del patio-taller.
- Para garantizar la sostenibilidad financiera, la tarifa debe ser de \$ 2.100 sin transferencias y \$ 2.640 con transferencias. Es decir un tarifa combinada de 2.300. Hay que evaluar una tarifa mas equitativa.
- Hay varias experiencias negativa de metros elevados a nivel internacional, cuyas lecciones hay que recoger.
- El proyecto de inversión por 12,9 billones contempla el tramo 1 hasta la calle 72 y la construcción de 3 troncales de TM

Anexos informativos

- No son para la presentación

Estudio de ingeniería de valor de SENER

- En el año 2015, la Financiera de Desarrollo Nacional- FDN contrató la realización de un estudio de ingeniería de valor, con la firma SENER, en donde identificaron 49 ideas con el fin de ahorrar costos, dentro de las cuales se planteó la posibilidad de elevant el tramo entre la estación Portal de Las Américas y la estación Rosario.
- Sin embargo, esta opción fue rechazada por la Administración distrital.

El incremento del costo de la PLMB

- En el año 2014, cuando fue elaborado el presupuesto para la obra, la tasa de cambio era de 1997,91 COP/USD.
- En esa oportunidad, el presupuesto alcanzaba una suma de \$ 14,895 billones
- Al actualizar a 2016 este monto, se llega a una cifra de \$ 17,72 billones
- En el año 2015, ante la restricción presupuestal establecida por los Gobiernos Nacional y Distrital, de 13,79 billones, se obligan a repensar la PLMB.
- Con el fin de optimizar el diseño de la PLMB, incluir la restricción presupuestal establecida, considerar las últimas evoluciones monetarias y tomar en cuenta el programa del nuevo gobierno local, se incorporó al Convenio Interadministrativo IDU-FDN N°1880 los estudios necesarios para optimizar los diseños de la PLMB y analizar su ejecución por tramos.
- Para tal efecto se celebra el contrato 02 de 2016 con SYSTRA.

Definición de los componentes analizados en la matriz multicriterio

COMPONENTE	DEFINICIÓN
Impacto ambiental	El componente de análisis relativo al impacto ambiental, se enfocó en evaluar las restricciones ambientales que podrían impactar las alternativas propuestas, así como, analizar de manera comparativa cada una de las alternativas con relación al medio involucrado, seleccionando aquella que racionalice el uso de los recursos naturales y cause el menor impacto negativo al medio ambiente.
Proceso constructivo	Este componente evaluó los impactos del proyecto sobre el ambiente de vida de los habitantes que viven a lo largo del corredor del trazado durante el periodo de las obras de construcción de la línea de metro.
Urbano-paisajístico	El componente urbano-paisajístico evaluó la coherencia de la inserción del proyecto con la dinámica urbana, así como, la identificación del potencial de modificación para mejorar la competitividad y calidad de vida de los ciudadanos
Experiencia del usuario	Este componente de análisis trató de indagar acerca de la percepción que tendría el usuario del sistema al utilizar frecuentemente el nuevo sistema de transporte implantado. Los objetivos perseguidos en este ámbito estuvieron vinculados a la experiencia de viaje para los usuarios, así como la percepción de seguridad e higiene que tendrán los usuarios al hacer uso de la infraestructura y el servicio de transporte

Definición de los componentes analizados en la matriz multicriterio

COMPONENTE	DEFINICIÓN
Beneficios sociales	Este componente de análisis se relacionó con los aspectos relativos a la demanda y a la oferta de transporte. Los objetivos perseguidos se encontraban vinculados a los impactos positivos que debe tener la mejora del sistema de transporte público en la movilidad.
Financieros	Se enfocó en el objetivo de establecer la inversión que permita la ejecución presupuestal establecida por la Nación y el Distrito Capital para el desarrollo de la PLMB y de los sistemas de transporte masivo conexos a ella (nuevas troncales de Transmilenio y reconfiguración de las actuales).
Riesgos	El componente riesgos cubre todos los aspectos relacionados con la perpetuidad de la infraestructura de la línea de metro y sus impactos en fases provisionales y definitivas. En el marco de este análisis, será tomado en cuenta para cada alternativa los impactos de los trabajos, los riesgos geotécnicos y sísmicos, los impactos sobre la explotación de la línea y sobre el territorio que la atraviesa.

Criterios de evaluación

Igualmente se definieron dentro de cada componente unos criterios de evaluación, para un total de 31 criterios en los 7 componentes.

CRITERIO	INDICADORES
Componente Impacto Ambiental	
Fuentes hídricas	Interferencia con cuerpos de agua
Suelo	Generación de Escombros durante la obra
Paisajismo	Afectación arbórea
Ruido y vibraciones	Generación de ruido por la operación del sistema
	Generación de vibraciones por la operación del sistema
Componente Proceso Constructivo	
Rendimiento	Tiempo total de construcción
Daño emergente y lucro cesante	Perturbación a vecinos comerciales
Perturbaciones	En el tráfico vehicular
	En la operación del BRT
Ruido y vibraciones	Generación de ruido por la construcción del sistema
	Generación de vibraciones por la construcción del sistema
Redes	Interferencias con redes principales
Componente Urbano-Paisajístico	
Renovación urbana	Potencial de generación de Espacio Público
	Potencial de desarrollo de proyectos inmobiliarios
	Potencial de recuperación de zonas deprimidas
Integración/des-integración urbana	Afectación de barrios con interés arquitectónico y/o urbanístico
	Proximidad con edificaciones
	Impacto visual

Criterios de evaluación

Componente Experiencia al usuario	
Percepción en el uso del sistema de transporte	Apropiación de la ciudad
	Percepción de seguridad
	Salubridad e higiene
CRITERIO	INDICADORES
Componente Beneficios Sociales	
Mejoras de transporte	Pasajeros transportados (HP)
	Ahorros en tiempo
Integración BRT	Facilidad de conexión metro-BRT
Componente Financiero	
Costos	Costos de inversión proyecto metro por km (con predios)
	Costos de operación y mantenimiento
Componente Riesgos	
Riesgo geotécnico	Subsidencia y derrumbes
Riesgo sísmico	Riesgo sísmico para las estructuras
Riesgo sobre el cronograma	Incertidumbre sobre el rendimiento de construcción
Riesgo de gestión predial	Capacidad de gestión para la adquisición predial
Riesgo financiero	Incertidumbre sobre el costo del proyecto

Costos PLM- tramo 1 (Portal Américas-calle 72)

ITEM	VALOR MM COP
COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y SUMINISTRO	
Obra civil línea	1 508 665
Sistema ferroviario	858 981
Material rodante (25 trenes)	984 375
Estaciones y edificios de acceso (n=15)	756 000
Adicional estaciones complejas de integración (n=10)	167 040
Talleres y cocheras (cap. 54 trenes)	442 260
Urbanismo y paisajismo	245 423
Obras civiles adicionales (Redes y estructuras varias)	214 745
Ramal técnico (incluye obra civil y sistema ferroviario)	732 375
Nodo de terminación (incluye obra civil y sistema ferroviario)	87 886
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS CONSTRUCCION Y SUMINISTRO	5 997 750
AIU (25%)	1 499 438
SUBTOTAL CONSTRUCCIÓN Y SUMINISTRO	7 497 188
OTROS COSTOS	
Manejo ambiental y social	187 430
Desvíos y manejo de tráfico	299 888
Predios y legalización	458 221
Estudios, diseños y asistencias técnicas	299 888
Interventoría fase de obra	374 859
SUBTOTAL OTROS COSTOS (incluyen AIU)	1 620 286
COSTOS RECONFIGURACION TRONCALES SOBRE CORREDOR PLMB	
Reconfiguración troncal Av. Caracas	541 976
Reconfiguración troncal Av. Villavicencio	75 000
AL RECONFIGURACION DE TRONCALES SOBRE CORREDOR PLMB (incluyen AIU)	616 976
TOTAL PRIMERA LINEA METRO DE BOGOTA (PLMB)	9 734 450

Costos troncales TM

Rubro	Valor MM COP
Avenida 68 (desde AutoSur hasta Carrera. 7ª)	1 603 358
Avenida Boyacá (desde AutoSur hasta Calle 26)	785 706
Avenida Ciudad de Cali (desde Av. Bosa hasta Portal Américas)	836 585
TOTAL TRONCALES ALIMENTADORAS	3 225 649

Tabla 18 - Costos de inversión troncales alimentadoras (Fuente: IDU)