



**“ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR
FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN
CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-
CUNDINAMARCA.”**



CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1860 DE 2021

ETAPA 3. CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO

ESTRUCTURAS

VERSION 3

BOGOTÁ, 2022 – OCTUBRE 25



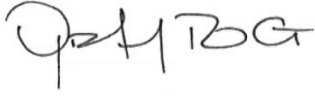
 <p>Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA</p>	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>
--	---	---

CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 0	05/09/2022	Elaboración Inicial	25
Versión 1	23/09/2022	Ajustes por observaciones de interventoría	35
Versión 2	10/10/2022	Ajustes por observaciones de interventoría	35
Versión 3	24/10/2022	Ajustes por observaciones de interventoría	35
Ruta almacenamiento			
Y:\P1674 Regiotram SUR diseños\9.Trabajo\1.Tecnico\ Informe 3. Caracterización y Diagnóstico\V3			

EMPRESA CONTRATISTA

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
		
Ing. José Manuel Mata Especialista	Ing. Carlos Urdaneta Coordinador de Consultoría	Ing. Oscar Rico Director de Consultoría

EMPRESA INTERVENTORA

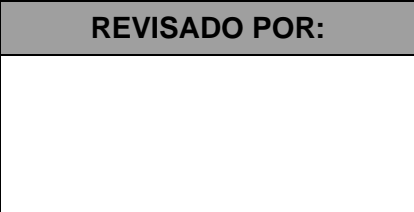
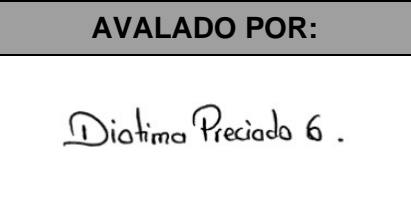
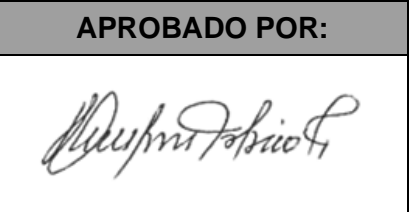
REVISADO POR:	AVALADO POR:	APROBADO POR:
		
Ing. Luis F. Santander Especialista	Ing. Diotima Preciado Coordinador de Interventoría	Ing. Abraham Palacio Director de Interventoría

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION	5
2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.	5
3. OBJETIVOS Y METODOLOGIA	6
3.1. OBJETIVO GENERAL.	6
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	6
3.3. METODOLOGÍA.	6
4. INVENTARIO Y ESTADO ACTUAL DE ESTRUCTURAS EXISTENTES.	7
4.1. IDENTIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES	7
4.2. RECOMENDACIONES PARA ESTRUCTURAS EXISTENTES	12
4.3. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INTERVENCIÓN	14
5. DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.	18
5.1. DEFINICIÓN DE ESTRUCTURAS NUEVAS	18
5.2. ESTIMACIÓN DEL VALOR PARA LAS ESTRUCTURAS NUEVAS	29
5.3. VALORACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE INTERFERENCIAS CON OTROS COMPONENTES Y PROYECTOS ASOCIADOS	31
6. DEFINICIÓN DE CRITERIOS Y VARIABLES PARA COMPRAR ALTERNATIVAS A TRAVÉS DE LA MATRIZ MULTICRITERIO.	33
7. ANEXOS	36
8. BIBLIOGRAFÍA	36

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización general alternativas del Proyecto. Fuente Elaboración propia...	6
Ilustración 2. Localización geográfica de estructuras. Fuente propia.....	7
Ilustración 3. Formato de revisión de estructuras P1/2. Fuente propia.	10
Ilustración 4. Formato de revisión de estructuras P2/2. Fuente propia.	11
Ilustración 5. Tramos de Alternativa 1. Fuente propia.....	19
Ilustración 6. Tramos de Alternativa 3. Fuente propia.....	19
Ilustración 7. Tramos de Alternativa 4. Fuente propia.....	20
Ilustración 8. Tramos de Alternativa 6. Fuente propia.....	20
Ilustración 9. Tramos de Alternativa 6A. Fuente propia.	21
Ilustración 10. Tramos de Alternativa 7. Fuente propia.....	21
Ilustración 11 Sección preliminar tipo para viaducto. Fuente CAC; Error! Marcador no definido.	
Ilustración 12 Sección preliminar tipo para puente férreo “a nivel”. Fuente CAC	25
Ilustración 13 Sección preliminar tipo para túnel. Fuente E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VC. Estructuración L2MB	26
Ilustración 12. Rotonda de Transmilenio calle 6 con Av. NQS. Fuente propia.	27
Ilustración 13. Puente del corredor férreo existente sobre el Rio Fucha. Fuente propia. ...	27
Ilustración 14. Paso propuesto sobre el Rio Tunjuelo. Fuente propia.	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de estructuras, tipos y recuento por alternativa.	8
Tabla 2. Escala de estado y porcentaje de costo.	14
Tabla 3. Costo estimado de intervención por estructuras.	15
Tabla 3. Costo estimado de intervención en cada alternativa.	18
Tabla 4. Longitud de actuaciones estructurales por alternativa.	22
Tabla 5. Tipología y número de estaciones por alternativa.....	28
Tabla 6. Valores unitarios por tipo de estructuras.....	29
Tabla 7. Valor total estructuras por alternativas en millones de COP	30
Tabla 8. Interacción entre estructuras existentes y alternativas.....	31
Tabla 9. Tiempo de ejecución de soluciones estructurales por alternativas.....	34
Tabla 10. Tiempo de ejecución de estaciones por alternativas.....	35
Tabla 11. Tiempo total de ejecución por alternativa.....	35

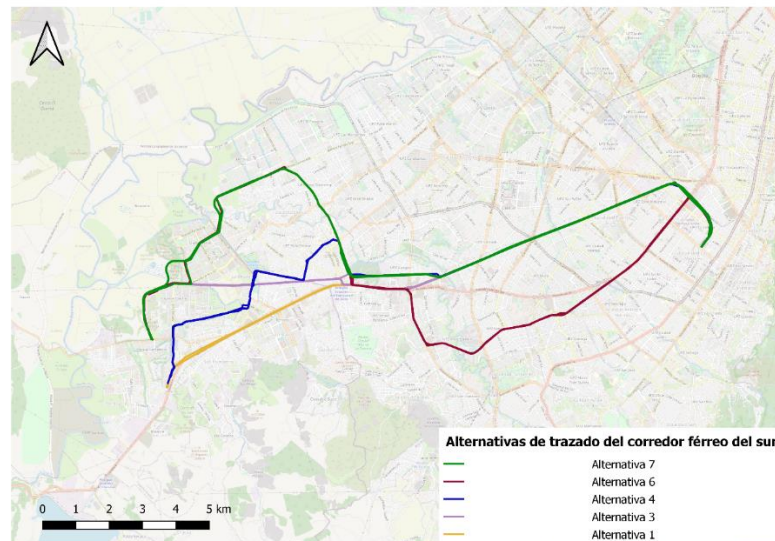
1. INTRODUCCION

Como parte de la tercera fase del contrato de consultoría IDU 1860-2021 “*Elaborar los estudios de prefactibilidad del corredor Férreo del Sur en la modalidad ferroviaria y su articulación con otros sistemas de transporte de la región Bogotá – Cundinamarca*”, la cual conlleva a seleccionar el corredor más adecuado que conecte la zona centro con el sur de la ciudad de Bogotá y el municipio de Soacha, se establece en este documento el estado actual de las estructuras que presentan afectación directa por el paso de las alternativas en estudio, así como también las soluciones estructurales a proponer para las mismas.

2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto por desarrollar se localiza en la región Bogotá – Cundinamarca, con el objetivo de comunicar al centro de la ciudad con el municipio de Soacha, para lo cual dentro de la Etapa 3 de esta consultoría se han estudiado un total de 7 corredores, que partieron de la base de dos trazados, el primero el del corredor férreo del Sur y el segundo del trazado del POT de la Línea 3 del Metro de Bogotá. Una vez analizados estos corredores, se descartaron dos de los mismo, para llegar a un total de 5 corredores, de los cuales se determinaron 5 alternativas de trazado, 3 de ellas en tren ligero, 1 en metro pesado y 1 en las dos opciones de tecnología.

Dentro de Bogotá, las alternativas discurren por las localidades de Tunjuelito, Rafael Uribe Uribe, Antonio Nariño, Mártires, Bosa, Ciudad Bolívar, Kennedy y Puente Aranda, en el municipio de Soacha las alternativas pasan por las comunas 1,2,3,4,5 y 6, cuyos recorridos se pueden observar en la imagen a continuación:





	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	
---	---	---

Ilustración 1. Localización general alternativas del Proyecto. Fuente Elaboración propia.

3. OBJETIVOS Y METODOLOGIA

3.1. OBJETIVO GENERAL.

El objetivo de este documento es presentar para el proyecto titulado “*Elaborar los estudios de prefactibilidad del corredor Férreo del Sur en la modalidad ferroviaria y su articulación con otros sistemas de transporte de la región Bogotá – Cundinamarca*”, el estado actual de las estructuras existentes, la definición preliminar de las tipologías estructurales para las alternativas en estudio y el impacto de las soluciones planteadas en la comparación y posterior selección de la alternativa.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Inventario y estado actual de estructuras existentes.
- Definición y análisis de alternativas estructurales para la siguiente etapa del proyecto.
- Definición de criterios y variables para comprar alternativas a través de la matriz multicriterio.

3.3. METODOLOGÍA.

De acuerdo con lo establecido en la Fase I del estudio de prefactibilidad, la metodología para la Fase III consistió en la elaboración del inventario del estado actual de estructuras existentes a conservar, recuperar, reforzar, ampliar o demoler.

La información levantada fue organizada en fichas, una por estructura, y que como mínimo presentan los siguientes datos:

- Ubicación
- Descripción general
- Tipo de estructura (Puente vehicular, peatonal, rampa, estructura hidráulica, de contención, mobiliario urbano, etc.)
- Material de construcción
- Diagnóstico básico de estado de la estructura

Luego de validar el estado actual de las estructuras existentes, se emitieron recomendaciones para intervención y ensayos a realizar para la etapa de Factibilidad.

En esta etapa también se definieron las alternativas estructurales para el desarrollo del proyecto, esto en un análisis interdisciplinar que consideró datos de demanda, ambiental, ingeniería ferroviaria y los que se identificaron como críticos para el desarrollo del proyecto.

Una vez determinadas las alternativas del proyecto, se definieron las estructuras nuevas para cada alternativa y se realizó la estimación del valor de cada estructura a partir de índices e indicadores, y con base a secciones tipo de proyectos similares en los cuales el consultor ha participado.

Este análisis incluyó estructuras principales como puentes vehiculares, puentes sobre cuerpos de agua, túneles y estaciones.

Finalmente, desde el componente de estructuras se definió el listado de criterios y variables para comparar alternativas a través de la matriz multicriterio.

4. INVENTARIO Y ESTADO ACTUAL DE ESTRUCTURAS EXISTENTES.

4.1. IDENTIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

Como primera actividad, se llevó a cabo la localización de las diferentes estructuras que presentan relación directa con el paso de las alternativas en estudio. De dicho ejercicio se tiene que en total hay 40 estructuras de las cuales 36 corresponden a puentes peatonales y vehiculares, 2 a box couverts y 2 a pasos inferiores (deprimidos) distribuidos tal como se presentan en la ilustración 2 y en la tabla 1.

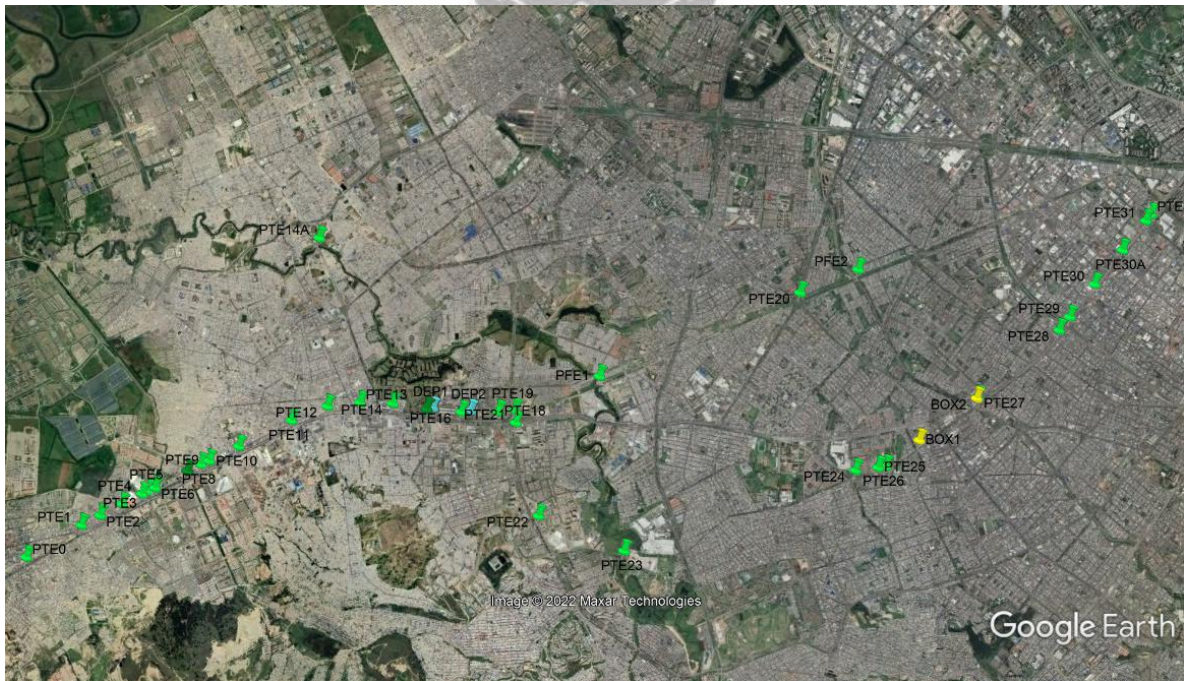


Ilustración 2. Localización geográfica de estructuras. Fuente propia.

Vale mencionar que a pesar de tener una alternativa (alternativa 6) analizada para las dos tecnologías (metro ligero y tren pesado), la relación del corredor con relación a las

estructuras existentes es la misma, razón por la cual la tabla a continuación se dicha alternativa como una sola.

Tabla 1. Ubicación de estructuras, tipos y recuento por alternativa.

ID	Ubicación	Dirección	Tipo	Alternativa				
				1	3	4	6	7
PTE 0	Soacha	Autopista Sur - Calle 13	Peatonal	✓				
PTE 1	Soacha	Autopista Sur - Calle 22	Peatonal	✓				
PTE 2	Soacha	Autopista Sur - Calle 25	Peatonal	✓				
PTE 3	Soacha	Autopista Sur - Calle 30 - Estación San Mateo	Peatonal	✓				
PTE 4	Soacha	Autopista Sur - Portal San Mateo	Peatonal	✓				
PTE 5	Soacha	Autopista Sur - Puente Vehicular San Mateo	Vehicular	✓				
PTE 6	Soacha	Autopista Sur - CC Mercurio	Peatonal	✓				
PTE 7	Soacha	Autopista Sur - Calle 36 - Estación Terreros	Peatonal	✓				
PTE 8	Soacha	Autopista Sur - Avenida Terreros	Vehicular	✓				
PTE 9	Soacha	Autopista Sur - Puente Leon XIII	Peatonal	✓				
PTE 10	Soacha	Autopista Sur - Calle 47 - Estación Leon XIII	Peatonal	✓				
PTE 11	Soacha	Autopista Sur - Calle 58 - Estación La Despensa	Peatonal	✓				
PTE 12	Bogotá	Autopista Sur - Carrera 77D	Peatonal	✓				
PTE 13	Bogotá	Autopista Sur - Calle 63 Sur - Estación Bosa	Peatonal	✓				
PTE14A	Bogotá	Avenida Bosa sobre Rio Tunjuelo	Vehicular				✓	✓
PTE 14	Bogotá	Autopista Sur - Terminal de Transportes del Sur	Peatonal	✓	✓		✓	
PTE 15	Bogotá	Autopista Sur - Cementerio el Apogeo	Peatonal	✓	✓		✓	
DEP1	Bogotá	Autopista Sur - Portal del Sur	Deprimido	✓	✓		✓	
PTE 16	Bogotá	Autopista Sur - Portal del Sur	Peatonal	✓	✓		✓	
DEP2	Bogotá	Autopista Sur - Portal del Sur	Deprimido	✓	✓		✓	
PTE 18	Bogotá	Autopista Sur - Estación Perdomo	Peatonal	✓	✓		✓	
PTE 19	Bogotá	Rotonda Autopista Sur -Avenida Ciudad de Villavicencio	Vehicular	✓	✓		✓	
PFE1	Bogotá	Puente Corredor Férreo Existente sobre Rio Tunjuelo	Férreo	✓	✓	✓		✓
PTE 20	Bogotá	Avenida 1ro de mayo - Carrera 69	Vehicular	✓	✓	✓		✓
PFE2	Bogotá	Puente Corredor Férreo Existente - Calle 17 Sur	Férreo	✓	✓	✓		✓
PTE21	Bogotá	Avenida Ciudad de Villavicencio - Autopista Sur (CAFAM)	Peatonal				✓	
PTE22	Bogotá	Avenida Ciudad de Villavicencio - Transversal 70	Peatonal				✓	
PTE23	Bogotá	Carrera 51 sobre Rio Tunjuelo	Vehicular				✓	
PTE24	Bogotá	Puente Calle 38 A Sur	Vehicular				✓	
PTE25	Bogotá	Carrera 27 - Calle 35B Sur	Peatonal				✓	
PTE26	Bogotá	Carrera 27 - Avenida Carrera 30	Vehicular				✓	

BOX1	Bogotá	Calle 30 Sur - Avenida Carrera 30	Box coulverts				☑	
BOX2	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Diagonal 17 Sur	Box coulverts				☑	
PTE27	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Diagonal 17 Sur	Peatonal				☑	
PTE28	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Calle 5 - Estación Comuneros	Peatonal				☑	
PTE29	Bogotá	Puente NQS con Calle 6	Vehicular				☑	
PTE30	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Calle 10 - Estación Ricaurte	Peatonal				☑	
PTE30A	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Calle 13	Vehicular				☑	
PTE31	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Calle 18A - Estación Paloquemao	Peatonal				☑	
PTE32	Bogotá	Puente Avenida Calle 19 - Avenida Carrera 30	Vehicular				☑	
Total				24	10	3	23	4

De acuerdo con lo observado en la tabla 1, de las 40 estructuras localizadas:

- Los puentes según su ubicación, 12 se encuentran en Soacha y 24 en Bogotá
- Los puentes según su tipo, se tienen 11 puentes vehiculares, 23 puentes peatonales y 2 puentes pertenecientes al corredor férreo existente.
- Los box coulverts según su ubicación, se encuentran en Bogotá.
- Los deprimidos, se encuentran en Bogotá.

Una vez localizados las estructuras, se procedió a la toma de datos en campo con el fin obtener las características geométricas de cada uno de estos, sus materiales e identificar posibles patologías mediante inspección visual. Para dicho proceso se utilizó como herramienta un formato que resume los criterios antes mencionados y que se muestra en las ilustraciones 3 y 4.

En el Anexo 1 “INVENTARIO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES” se puede observar a detalle la información levantada para cada una de las estructuras. Adicionalmente, se envía también el Anexo 2 que corresponde al archivo “LOCALIZACION ESTRUCTURAS EXISTENTES” en formato .kmz para mejor lectura sobre la localización de las estructuras.

Ardanuy		FORMATO DE REVISIÓN DE ESTRUCTURAS	
Proyecto: Elaboración de los estudios de prefactibilidad del corredor férreo del sur en la modalidad ferroviaria y su articulación con otros proyectos de transporte de la región Bogotá - Cundinamarca			
ID Estructura: PTE 1		Fecha: 14/07/2022	
Ubicación: Autopista Sur - Calle 22, Soacha, Cundinamarca.			
Tipo: Puente peatonal en losa sobre viga cajón.			
ELEMENTOS		MATERIALES	
Luces totales:	9	Vigas	Apoyos
Luces en viga de concreto:	7	Concreto: X	Concreto: X
Luces en viga metálica (centrales):	2	Metálico: X	Metálico:
Apoyos:	10	Muros	
Rampas de acceso:	2	Concreto:	Concreto:
Escaleras de acceso:	----	Metálico:	Metálico:
Barandas:	2	Placas	Barandas
Bordillos:	2	Concreto: X	Concreto:
Vigas:	1	Metálico:	Metálico: X
Juntas:	Abiertas	Rampas	Concreto:
		Metálico:	Metálico:
		Mampostería:	X
		POSICIÓN GEOGRÁFICA	
		Latitud (A°B'C"):	4°34'58.57"N
		Longitud (A°B'C"):	74°12'41.79"O
		Altitud (m):	2558
DIMENSIONES		OBSERVACIONES	
Luz mayor (m):	18	- El puente cuenta con dos luces centrales en las cuales el material de la viga cajón esta conformado por elementos metálicos. - El gálibo fue medido con relación a la calzada en el punto mas cercano al andén. - El largo fue medido entre las juntas que separan el puente de las rampas.	
Altura a cara inferior de placa (m):	6,2		
Gálibo (m):	5,1		
Altura de viga (m):	1,1		
Base de viga (m):	0,92		
Altura de placa (m):	0,17		
Sección de apoyo (m):	0,92 x 0,71		
Ancho libre (m)	3,05		
Largo total entre accesos (m)	165		
EVALUACIÓN DE DAÑOS			
COMPONENTE	INDICE	DAÑOS	FOTO
Vigas de concreto	3	Desgaste en pintura y tramos parcialmente pintados	1
Placas	3	Manchas de humedad y eflorescencia	3 y 4
Pilas	3	Grieta horizontal en extremo superior	5
Barandas	3	Desgaste en pintura	1 y 3
General	3	Suciedad	

Ilustración 3. Formato de revisión de estructuras P1/2. Fuente propia.

Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA

FORMATO DE REVISIÓN DE ESTRUCTURAS

Proyecto: Elaboración de los estudios de prefactibilidad del corredor férreo del sur en la modalidad ferroviaria y su articulación con otros proyectos de transporte de la región Bogotá - Cundinamarca

ID Estructura: PTE 1 **Fecha:** 14/07/2022

Ubicación: Autopista Sur - Calle 22, Soacha Cundinamarca.

Tipo: Puente peatonal con sección viga cajón.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Foto Nro: 1


Foto Nro: 2


Foto Nro: 3


Foto Nro: 4


Foto Nro: 5


Ilustración 4. Formato de revisión de estructuras P2/2. Fuente propia.

4.2. RECOMENDACIONES PARA ESTRUCTURAS EXISTENTES

Con base a lo observado en la inspección visual realizada, las estructuras presentan patologías en un rango de bajo a medio según el índice de daño definido, por lo que para la presente etapa se plantean técnicas de mantenimiento e intervención generales según las patologías observadas. Una vez se seleccione la alternativa ganadora, se ahondará de manera específica, conservando el carácter preliminar considerando la etapa de desarrollo del proyecto, en las patologías presentes en las estructuras relacionadas con esta.

Las técnicas propuestas son:

1. Mantenimiento general



- Realizar hidrolavado para retirar suciedad general de la estructura.
- Aplicar material impermeabilizante para protección del concreto.
- Aplicar pintura a las barandas y reemplazar perfiles deteriorados.
- Utilizar herbicidas para eliminar la contaminación biológica.

2. Presencia de fisuras y/o grietas

- Analizar la actividad de las fisuras y clasificarlas como activas o pasivas.
- Eliminar cuidadosamente el hormigón comprometido, limpiando bien la superficie.
- Aplicar técnicas de inyección: sellantes, base epoxi, base cementicia.

3. Humedad y eflorescencia

- No intervenir en el caso de autocicatrización de fisuras.
- Eliminación de la fuente de agua que penetra en el concreto.
- Impermeabilización de la superficie en contacto con la fuente de agua.
- Realizar reparaciones de las juntas para generar continuidad en los tableros y evitar infiltraciones en la parte inferior del puente produciendo eflorescencias y lixiviación.
- Limpieza superficial del concreto.
- Sellado superficial de fisuras.
- Reparación profunda localizado de regiones con corrosión de armaduras.

 <p>Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA</p>	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>
--	---	---

4. Corrosión

- Remoción del concreto carbonatado.
- Reparación superficial generalizada.
- Refuerzo con armadura extra o por sustitución.
- Realcalinización del concreto.
- Protección superficial del concreto.

5. Hormigueros u oquedades

- Reparación superficial localizada con mortero polimérico , o de base epóxica u otros.
- Reparación profunda localizada con mortero de base cemento u hormigón.
- Revestimiento de protección.

6. Pérdida de sección por colisiones

- Realizar reparaciones en el concreto donde por motivo de las colisiones se presente afectación perdida de la sección, no sin antes mejorar las condiciones del acero de refuerzo expuesto.

Por otra parte, para la etapa de factibilidad se plantea la ejecución de los siguientes ensayos no destructivos a fin de obtener más información sobre la calidad de los materiales y elementos que componen cada puente.

Elementos de concreto:

- Termografía infrarroja (fisuras): Detección de discontinuidades y defectos, a través de cambios en temperatura superficial de la muestra. Se basa en la detección de cambios del flujo de calor ocurridos en un material, debido a la presencia de anomalías internas.
- Esclerometría (resistencia): Determinación de puntos débiles y resistencia a la compresión del hormigón. El rebote elástico de una masa depende de la dureza de la superficie sobre la cual incide. La dureza del material (concreto) está relacionada con su resistencia a la compresión.

- Ultrasonido (calidad y resistencia): Evaluación de la uniformidad del concreto, presencia de grietas y vacíos. Permite establecer correlaciones con la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad.

Elementos de acero:

- Líquidos penetrantes (soldadura): Se basa en el principio de capilaridad y se emplea para detectar y señalar discontinuidades abiertas a la superficie de materiales sólidos no porosos. El líquido se aloja en las imperfecciones y actúa de marcador.
- Partículas magnéticas (perfiles): Esta prueba sirve para detectar imperfecciones sobre o justo debajo de la superficie de materiales ferrosos. Se aplica polvo de hierro sobre la superficie que servirá de marcador de las imperfecciones al aplicar un campo magnético a través del material.
- Radiografía (perfiles): Utilizando el mismo principio que se aplica en las pruebas médicas se somete al material a rayos X o Gamma de manera que se produzca una impresión fotográfica que revele una imagen de su estructura interna.
- Ultrasonidos (soldaduras): Es un método que se basa en el uso de una onda acústica de alta frecuencia que se transmite a través de un medio físico.

4.3. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INTERVENCIÓN

Con base a la inspección visual realizada se ha determinado una estimación de costos de intervención en pro de la conservación de las estructuras existentes, tomando como referencia un porcentaje sobre el costo total de construcción de dichas estructuras, el cual estará directamente vinculado con el estado general de la estructura medido a partir de un índice de daños promedio tal como se muestra en la siguiente escala:

Tabla 2. Escala de estado y porcentaje de costo.

Daño Promedio	Estado	% de costo
1	Daños considerables	25
2	Daños leves	10
3	Buen estado	5

Vale mencionar que los porcentajes estimados corresponde a valores estimados con base a estadísticas de proyectos previos y al criterio del especialista en su participación en proyectos similares. A continuación se presenta a detalle el costo de intervención para cada una de las estructuras:





 <p>Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA</p>	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>
--	---	---

Tabla 3. Costo estimado de intervención por estructuras.



ID	Dirección	Tipo	L (m)	Daño observado									Daño promedio	Estado	% de coste	Costo total de construcción MCOP	Costo estimado de intervención MCOP
				Suciedad	Humedad	Eflorescencia	Lixiviación	Corrosión	Grietas/ fisuras	Perdida de sección	Deterioro de junta	Calzada					
PTE 0	Autopista Sur - Calle 13	Peatonal	26,55	3	1	1	1	1					1	Daños Considerables	25	\$60,690	\$15,172
PTE 1	Autopista Sur - Calle 22	Peatonal	165	3	3	3				3			3	Buen Estado	5	\$75,434	\$3,772
PTE 2	Autopista Sur - Calle 25	Peatonal	76	3	3	3					2		2	Daños Leves	10	\$69,490	\$6,949
PTE 3	Autopista Sur - Calle 30 - Estación San Mateo	Peatonal	157	3	3	3				3			3	Buen Estado	5	\$71,776	\$3,589
PTE 5	Autopista Sur - Puente Vehicular San Mateo	Vehicular	95	3	3	3						2	2	Daños Leves	10	\$32,675	\$3,268
PTE 6	Autopista Sur - CC Mercurio	Peatonal	148	3	3								3	Buen Estado	5	\$67,662	\$3,383
PTE 7	Autopista Sur - Calle 36 - Estación Terrors	Peatonal	83	3	3					3			3	Buen Estado	5	\$37,945	\$1,897
PTE 8	Autopista Sur - Avenida Terrors	Vehicular	137	3	3	3	3					2	2	Daños Leves	10	\$47,121	\$4,712
PTE 9	Autopista Sur - Puente Leon XIII	Peatonal	54	3								2	2	Daños Leves	10	\$49,375	\$4,937
PTE 10	Autopista Sur - Calle 47 - Estación Leon XIII	Peatonal	54	3									3	Buen Estado	5	\$24,687	\$1,234
PTE 11	Autopista Sur - Calle 58 - Estación La Despensa	Peatonal	137	3	2					2			2	Daños Leves	10	\$125,265	\$12,527

PTE 12	Autopista Sur - Carrera 77D	Peatonal	123	3								3	Buen Estado	5	\$56,232	\$2,812
PTE 13	Autopista Sur - Calle 63 Sur - Estación Bosa	Peatonal	126	3								3	Buen Estado	5	\$57,604	\$2,880
PTE14 A	Avenida Bosa sobre Rio Tunjuelo	Vehicular	35	3								3	Buen Estado	5	\$12,038	\$602
PTE 14	Autopista Sur - Terminal de Transportes del Sur	Peatonal	78,4	3								3	Buen Estado	5	\$35,842	\$1,792
PTE 15	Autopista Sur - Cementerio el Apogeo	Peatonal	162	3								3	Buen Estado	5	\$74,062	\$3,703
DEP1	Autopista Sur - Portal del Sur	Deprimido	69	2	1	1	1					1	Daños Considerables	25	\$7,571	\$1,893
PTE 16	Autopista Sur - Portal del Sur	Peatonal	107	3								3	Buen Estado	5	\$48,918	\$2,446
DEP2	Autopista Sur - Portal del Sur	Deprimido	93	2	1	1	1					1	Daños Considerables	25	\$10,204	\$2,551
PTE 18	Autopista Sur - Estación Perdomo	Peatonal	81	3								3	Buen Estado	5	\$37,031	\$1,852
PTE 19	Rotonda Autopista Sur -Avenida Ciudad de Villavicencio	Vehicular	283	3	2							2	Daños Leves	10	\$97,338	\$9,734
PTE 20	Avenida 1ro de mayo - Carrera 69	Vehicular	224	3					3			3	Buen Estado	5	\$77,045	\$3,852
PTE21	Avenida Ciudad de Villavicencio - Autopista Sur (CAFAM)	Peatonal	148	3								3	Buen Estado	5	\$67,662	\$3,383
PTE22	Avenida Ciudad de Villavicencio - Transversal 70	Peatonal	41	3								3	Buen Estado	5	\$18,744	\$937
PTE23	Carrera 51 sobre Rio Tunjuelo	Vehicular	53,3	3	2					2		2	Daños Leves	10	\$18,333	\$1,833
PTE24 -1	Puente Calle 38 A Sur	Vehicular	239	3	1	1						1	Daños Considerables	25	\$82,205	\$20,551

 Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA	ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ- CUNDINAMARCA.	 ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO
---	--	---

PTE24 -2	Puente Calle 38 A Sur	Vehicular	180	3	2	1			1			1	Daños Considerables	25	\$61,911	\$15,478
PTE25	Carrera 27 - Calle 35B Sur	Peatonal	137	3	3	3						3	Buen Estado	5	\$62,633	\$3,132
PTE26	Carrera 27 - Avenida Carrera 30	Vehicular	12,8	3						3	2	2	Daños Leves	10	\$4,403	\$440
BOX1	Calle 30 Sur - Avenida Carrera 30	Box coulverts	7,8	3	3							2	Daños Leves	10	\$620	\$62
BOX2	Avenida Carrera 30 - Diagonal 17 Sur	Box coulverts	14	3	3	2			2			2	Daños Leves	10	\$1,493	\$149
PTE27	Avenida Carrera 30 - Diagonal 17 Sur	Peatonal	84,3	3								3	Buen Estado	5	\$38,540	\$1,927
PTE28	Avenida Carrera 30 - Calle 5 - Estación Comuneros	Peatonal	160	3								3	Buen Estado	5	\$73,148	\$3,657
PTE29	Puente NQS con Calle 6	Vehicular	235	3	2	2	2		3			2	Daños Leves	10	\$80,829	\$8,083
PTE30	Avenida Carrera 30 - Calle 10 - Estación Ricaurte	Peatonal	174	3								3	Buen Estado	5	\$79,548	\$3,977
PTE30 A	Avenida Carrera 30 - Calle 13	Vehicular	125	3					2		2	2	Daños Leves	10	\$42,994	\$4,299
PTE31	Avenida Carrera 30 - Calle 18A - Estación Paloquemao	Peatonal	172	3	3	3						3	Buen Estado	5	\$78,634	\$3,932
PTE32	Puente Avenida Calle 19 - Avenida Carrera 30	Vehicular	167	3					1			2	Daños Leves	10	\$57,440	\$5,744

**ALCALDÍA MAYOR
 DE BOGOTÁ D.C.**
 MOVILIDAD
 Instituto de Desarrollo Urbano

 <p>Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA</p>	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>
--	---	---

Con los costos de cada una de las estructuras, se encontró el costo de intervención total para cada una de las alternativas:

Tabla 4. Costo estimado de intervención en cada alternativa.

Costo Intervención Alternativa				
1	3	4	6	7
\$ 94,954.59	\$ 27,822.41	\$ 3,852.26	\$ 102,157.60	\$ 4,454.18

Estos costos fueron incluidos dentro del costo total de cada alternativa para la disciplina de presupuestos.

5. DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

5.1. DEFINICIÓN DE ESTRUCTURAS NUEVAS

Para las alternativas en estudio se plantean diferentes actuaciones estructurales de acuerdo con la necesidad propia de cada una de estas. Los corredores están compuestos de manera general por tramos en superficie (con plataforma reservada para el corredor y plataforma compartida con otros sistemas de transporte), tramos en viaducto (planteados a un nivel superior al de las estructuras existentes con el fin de no afectarlas de manera directa) y tramos en túnel. La distribución de estos por alternativa se puede apreciar en las ilustraciones continuación:

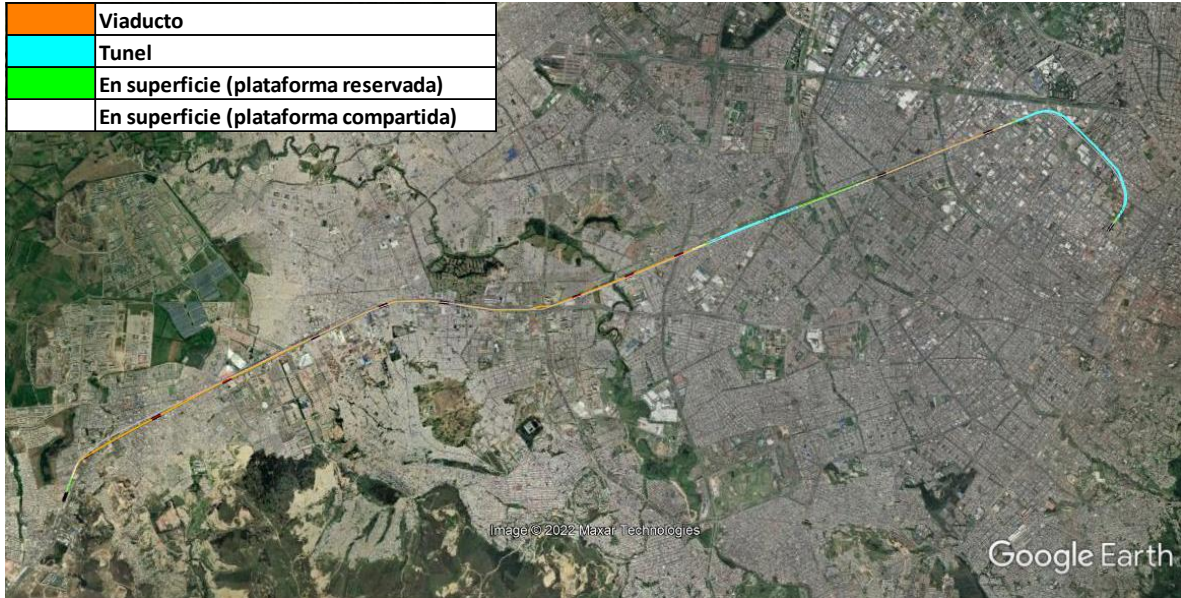


Ilustración 5. Tramos de Alternativa 1. Fuente propia

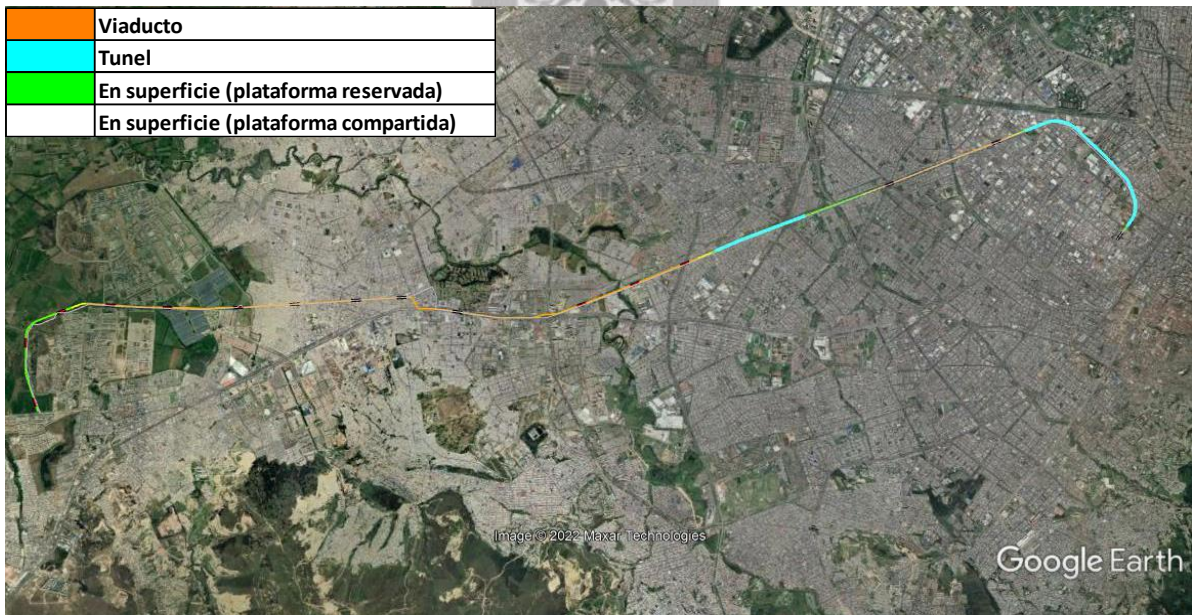


Ilustración 6. Tramos de Alternativa 3. Fuente propia.

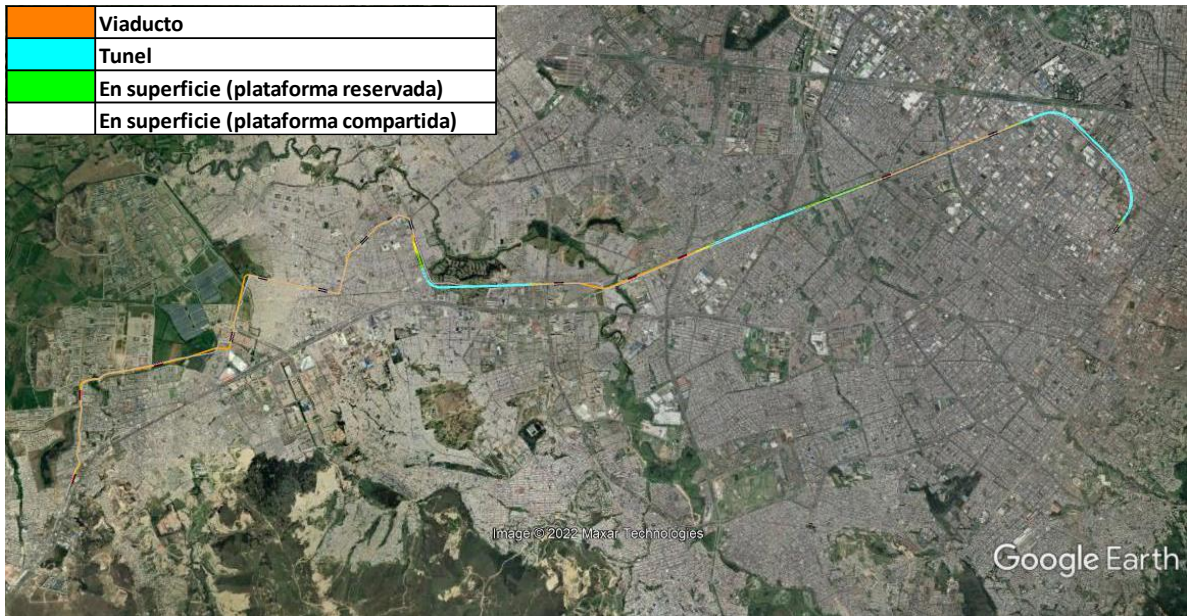


Ilustración 7. Tramos de Alternativa 4. Fuente propia.

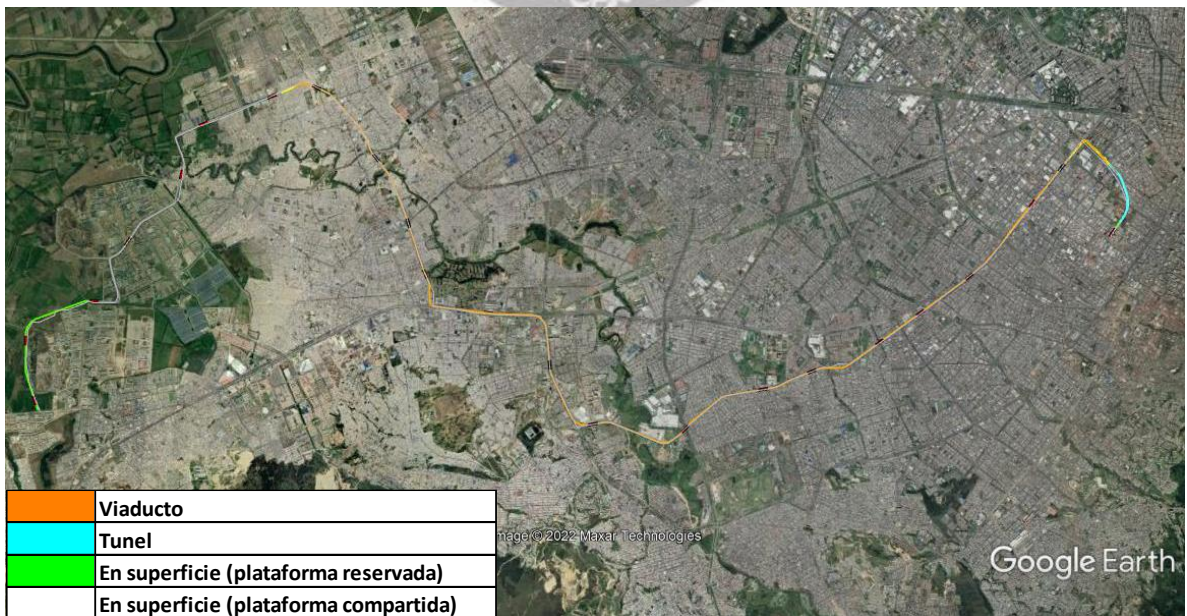


Ilustración 8. Tramos de Alternativa 6. Fuente propia.

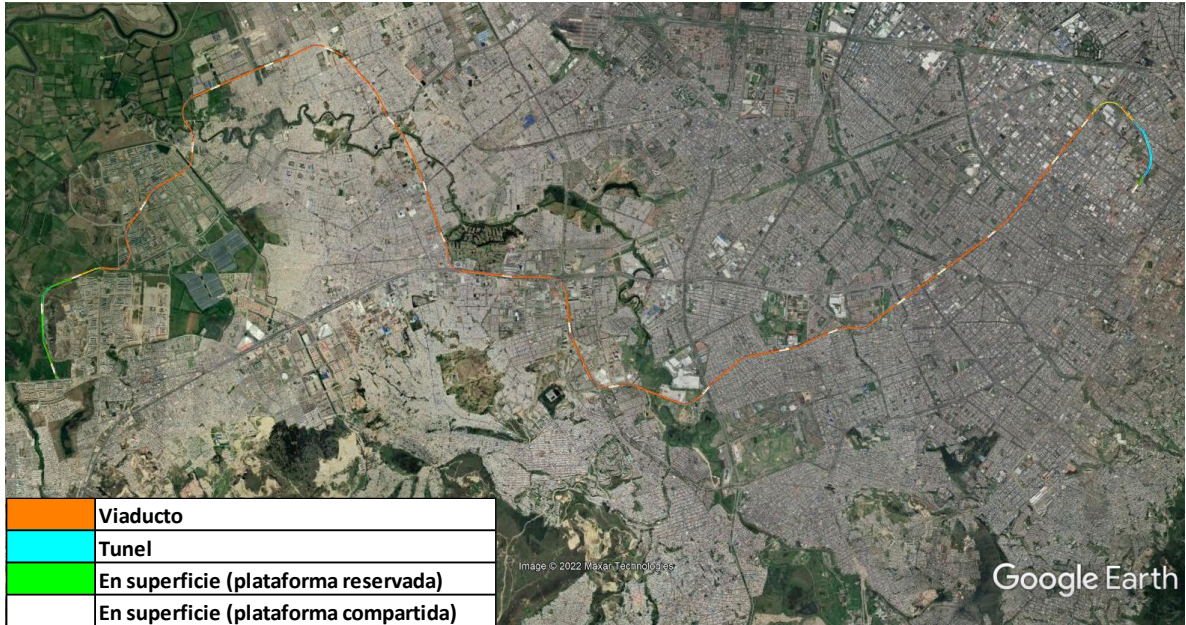


Ilustración 9. Tramos de Alternativa 6A. Fuente propia.

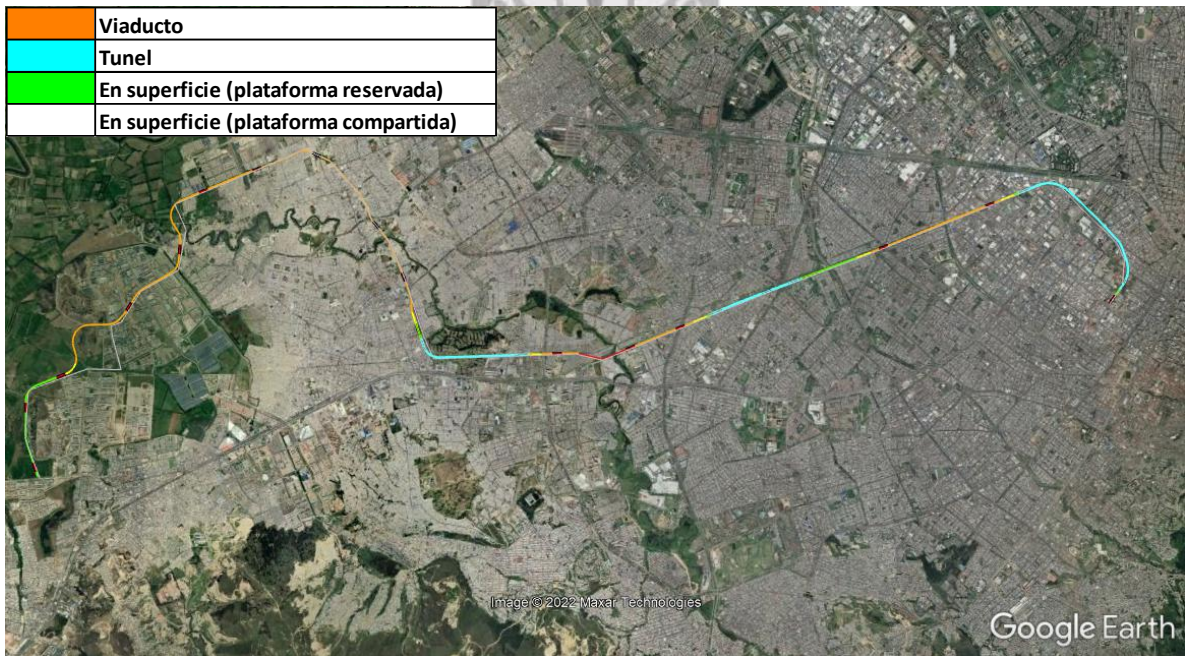


Ilustración 10. Tramos de Alternativa 7. Fuente propia.

Para cada alternativa y actuación estructural planteada, se tienen los siguientes tramos con sus longitudes estimadas:



 <p>Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA</p>	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>
--	---	---

Tabla 5. Longitud de actuaciones estructurales por alternativa.

Alternativa	Estructura	Tramo			Total (m)
		1	2	3	
1	Viaducto 2do nivel	10209,83	2219,52		12429,35
	Túnel	1498,22	2704,45		4202,67
	Puente (tramo en superficie sobre corredor férreo existente)	42			42
3	Viaducto 2do nivel	9709,6	2219,52		11929,12
	Túnel	1499,61	2717,44		4217,05
	Puente (tramo en superficie sobre corredor férreo existente)	42			42
4	Viaducto	8478,76	2481,77	2219,53	13180,06
	Túnel	1806,35	1498,22	2704,46	6009,03
	Puente (tramo en superficie sobre corredor férreo existente)	42			42
6	Viaducto 2do nivel	15137,83			15137,83
	Viaducto 3er nivel	2000			2000
	Túnel	984,4			984,4
	Puente (tramo en superficie)	50			50
6A	Viaducto 2do nivel	20490,8			20490,8
	Viaducto 3er nivel	2000			2000
	Túnel	984,4			984,4
7	Viaducto 2do nivel	8878,26	2481,77	2219,52	13579,55
	Túnel	1806,35	1498,22	2704,46	6009,03
	Puente (tramo en superficie sobre corredor férreo existente)	42			42

Los valores presentados corresponden a las longitudes de las actuaciones estructurales, es decir, a la dimensión medida de inicio a fin de cada una de estas excluyendo rampas o tramos en superficie en los que no se requieran estructuras adicionales a la propia plataforma del corredor.

En lo que a secciones respecta, se propone a nivel preliminar, un rango de escenarios potenciales amplios (cantos de entre 3 a 6 metros para luces de entre 40 y 60 metros) (ver Ilustración 11) ya que podría darse el caso de que haya cruces que no sean compatibles con cimbras y deba su diseño desarrollarse en fase de Proyecto de Construcción, o bien mediante elementos prefabricados con vigas I o tipo U, o con elementos ejecutados “in-situ” (isostáticos o hiperestáticos, en concreto o de tipo metálico) pero en una zona de trabajo anexa a la ubicación del puente, para posteriormente proceder a su izado y colocación.

Esta circunstancia y su estudio escapa de la fase de diseño actual. Por lo tanto y a mayores se plantea la hipótesis de una solución isostática con el canto compatible con luces de hasta 60m, con el objeto de abarcar un espectro amplio en soluciones de concreto.

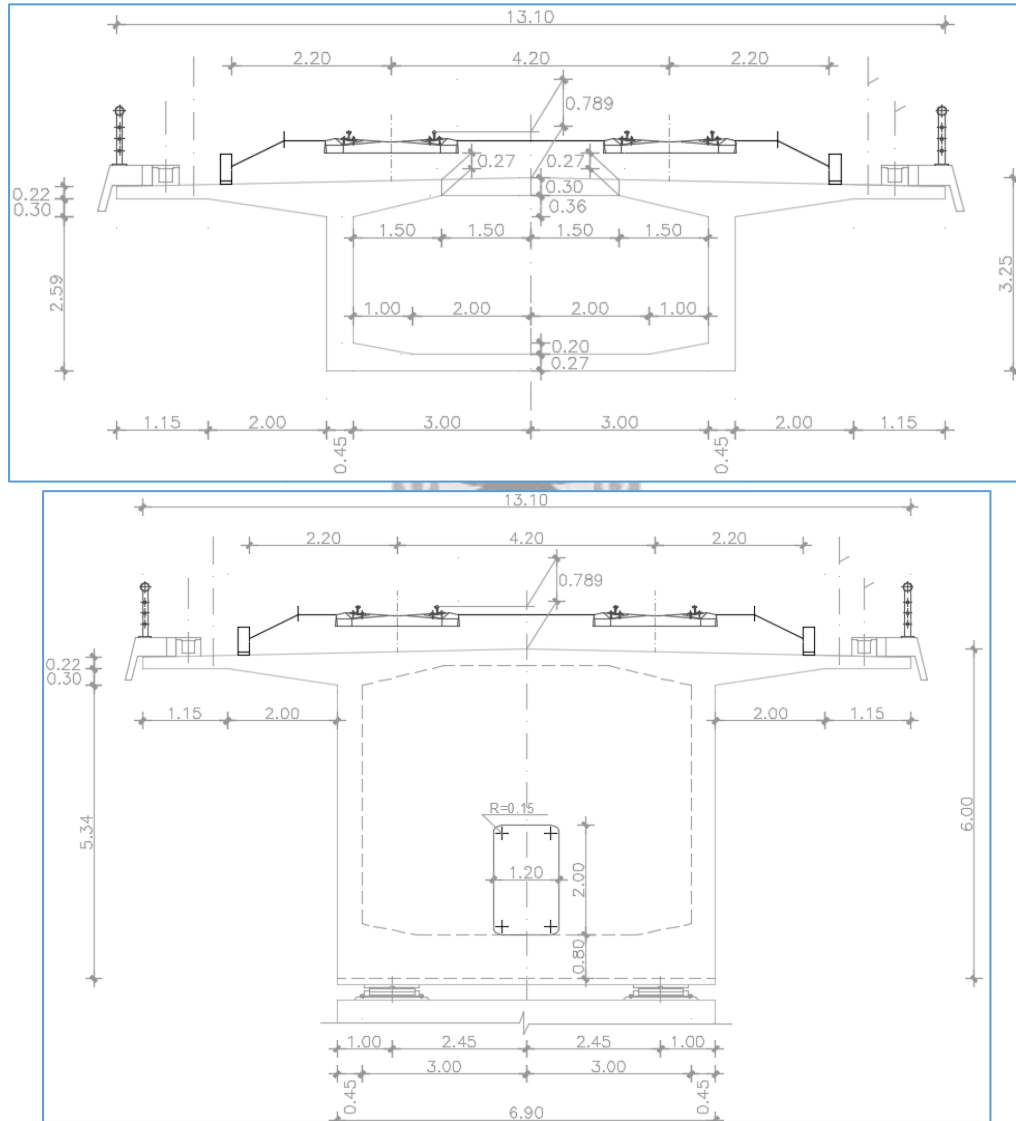


Ilustración 11 Sección preliminar tipo para viaducto. Fuente CAC

Esto, sin perjuicio de que como se indica, en caso necesario y tras disponer de los parámetros geotécnicos reales del terreno, pudiera tener que optarse por una estructura metálica tipo multijacena (ver Ilustración 12) con vigas metálicas sobre las que apoyaría en 2ª fase una losa de concreto ejecutada "in-situ", que redujese el canto necesario.

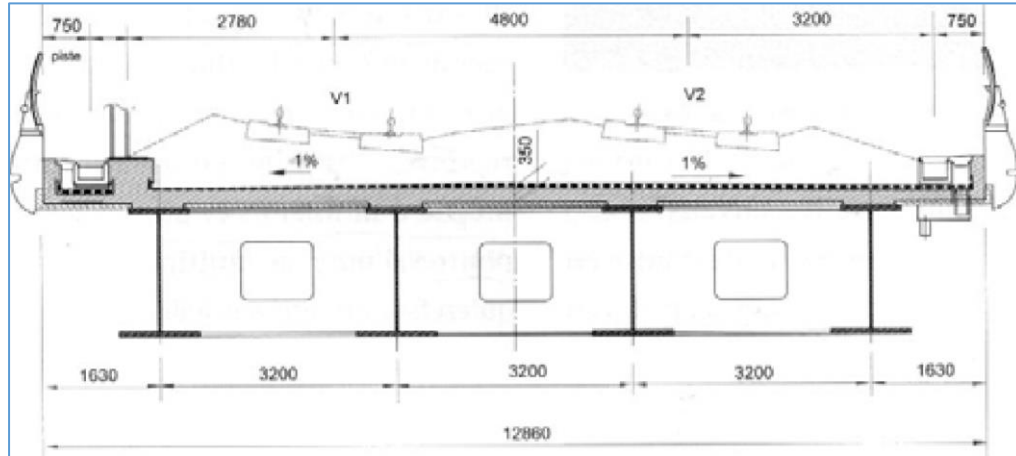


Ilustración 12 Ejemplo tablero metálico con losa de concreto superior (multijacena)

Sin embargo, el escenario de contemplar este tipo de tipologías, no tanto por su impacto en el CAPEX durante la fase de construcción, sino más bien por el que podrá llevar implícito a nivel de OPEX, debería ser objeto de estudio en etapas más avanzadas, de forma que, si debe realmente estudiarse, se le traslade a la Administración competente su valoración comparativa para que pueda decidir, ya que, siendo constructivamente viables y habiendo sido empleadas con asiduidad en el pasado por diferentes Administraciones ferroviarias por resultar más ligeras que las estructuras de concreto, en la actualidad y para proyectos de nueva ejecución, tienden a ser consideradas soluciones alternativas que bien por sistemas de montaje, por luces o por temas de cantos estrictos pueden ser una solución donde las estructuras de concreto resulten menos ventajosas. La principal razón es que por la experiencia acumulada en las necesidades de mantenimiento asociado a efectos de corrosión-fatiga, especialmente en las zonas de uniones, su uso a efectos de OPEX resulta más desaconsejable.

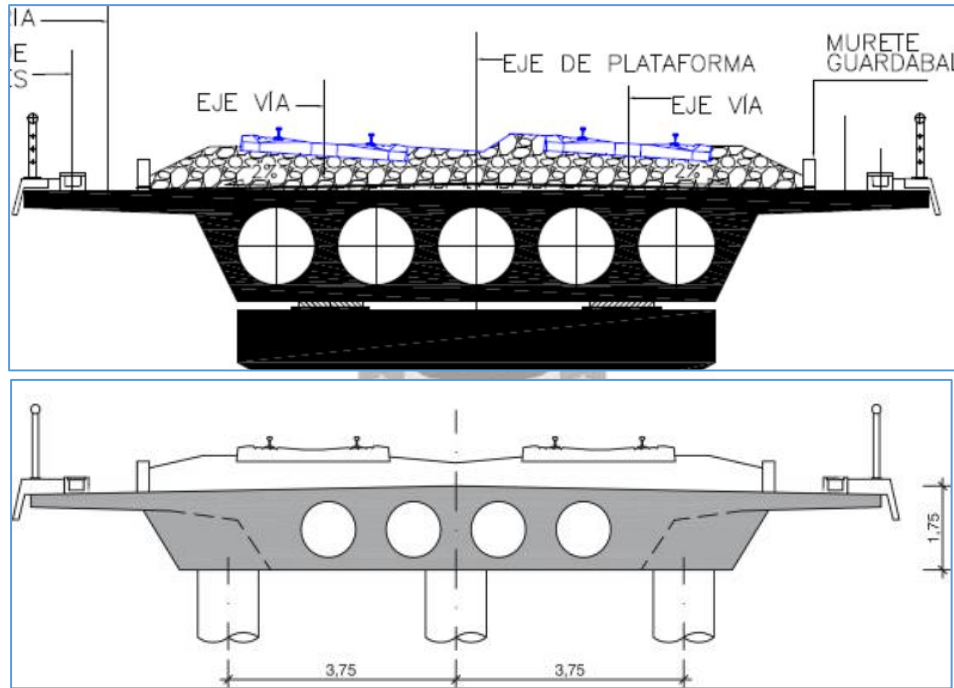
Es por ello, que en un principio y sin desechar que para el proyecto de construcción pudieran tener que ser tenidas en cuenta en algún caso, se opta en esta fase por un planteamiento que permita estimar unos parámetros de CAPEX razonables y comparativos entre las soluciones de trazado propuestas. Durante el Proyecto de Construcción se tendrá que buscar la propuesta de solución que mejor se adapte a las necesidades concretas y las condiciones de contorno en cada caso.

Con relación a la alternativa 6, vale destacar que se tiene un tramo de viaducto planteado a un tercer nivel (a una altura aproximada de 20 m y con un desarrollo aproximado de 2 km) ya que el recorrido propuesto debe superar la rotonda para el Transmilenio ubicada en la intersección de la calle 6 con Av. NQS (ver Ilustración 15).

Por su parte, los puentes en superficie se tratan de estructuras pequeñas que oscilan entre los 30 y 35 metros y que tienen como fin permitir el paso de corredor por encima de dos cuerpos de agua, en el caso de las alternativas 1, 3, 4 y 7 el puente planteado reemplazaría el puente del corredor férreo existente que cruza el Rio Fucha (ver Ilustración 16), mientras

que para la alternativa 6, el puente planteado permitirá el paso del corredor sobre el Rio Tunjuelo (ver Ilustración 17).

Así mismo en el caso del puente “a nivel” que es para reemplazar el puente férreo existente, y que entraría en este rango de luces, se plantearía una sección menos robusta, como la siguiente:



*Ilustración 13 Sección preliminar tipo para puente férreo “a nivel”. Fuente CAC
Instituto de Desarrollo Urbano*

En todos los casos sería necesario el uso de apoyos elastómeros (con o sin núcleo de plomo dependiendo de las necesidades de diseño) en pilas y en los estribos.

En el caso del túnel, se propone una sección similar a la usada para la Prefactibilidad de Línea 2 del Metro de Bogotá y se asume que la misma será construido por tuneladora.

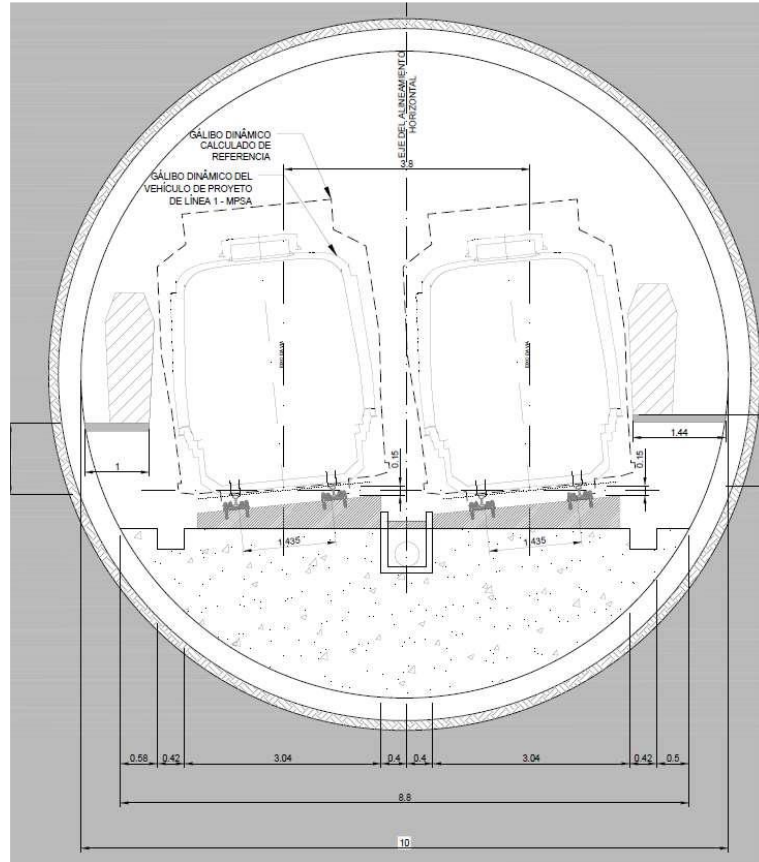


Ilustración 14 Sección preliminar tipo para túnel. Fuente E4 – Documento de requisitos para cofinanciación Sistemas de Transporte – Anexo A – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003_VC. Estructuración L2MB

Para mejor detalle sobre las longitudes de los tramos, consultar los archivos M2-ES-LE-GEN-NG-00 y PL-ES-LE-GEN-NG-01 entregados como anexo y que contienen los esquemas de la localización de las actuaciones estructurales con sus longitudes estimadas.



Ilustración 15. Rotonda de Transmilenio calle 6 con Av. NQS. Fuente propia.



Ilustración 16. Puente del corredor férreo existente sobre el Rio Fucha. Fuente propia.



Ilustración 17. Paso propuesto sobre el Río Tunjuelo. Fuente propia.

Por otra parte, se tiene que el número y tipología de estaciones planteadas por alternativa son:

Tabla 6. Tipología y número de estaciones por alternativa.

Alternativa	Estación	Cantidad	Total
1	Elevada	11	16
	Subterránea	2	
	En superficie	3	
3	Elevada	12	17
	Subterránea	2	
	En superficie	3	
4	Elevada	13	19
	Subterránea	3	
	En superficie	3	
6	Elevada	15	23
	Subterránea	-	
	En superficie	8	
6A	Elevada	19	23
	Subterránea	-	
	En superficie	4	
7	Elevada	12	21
	Subterránea	3	
	En superficie	6	

5.2. ESTIMACIÓN DEL VALOR PARA LAS ESTRUCTURAS NUEVAS

La estimación del valor de cada una de las alternativas está basada en los proyectos similares que están siendo ejecutados en la ciudad, particularmente y por su similitud se tomaron los valores de los proyectos de Regiotram de Occidente y de la Prefactibilidad de la Segunda Línea del Metro de Bogotá, con los cuales se tienen los siguientes valores unitarios por tipo de estructura:

Tabla 7. Valores unitarios por tipo de estructuras

	VALOR UNITARIO EN MILLONES DE COP	UNIDAD
Viaducto férreo metro	\$ 111.87	m
Viaducto férreo metro tercer nivel	\$ 223.74	m
Viaducto férreo tren ligero	\$ 95.09	m
Viaducto férreo tren ligero tercer nivel	\$ 190.18	m
Túnel (tuneladora)	\$ 58.55	m
Puente férreo	\$ 33.89	m
Estación elevada	\$ 50,563	Ud
Estación subterránea	\$ 348,524	Ud
Estación a nivel	\$ 3,018	Ud
Trincheras entre pantallas estaciones	\$ 308.08	m
Trincheras entre pantallas rampa	\$ 172.57	m



 <p>Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA</p>	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>
--	---	---

Tabla 8. Valor total estructuras por alternativas en millones de COP

	Metro Ligero				Tren Pesado	
	Alternativa 1	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 6	Alternativa 6A	Alternativa 7
Viaducto férreo metro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$2.292.347	\$1.519.171
Viaducto férreo metro tercer nivel	\$0			\$0	\$447.488	\$0
Viaducto férreo tren ligero	\$1.181.922	\$1.134.354	\$1.253.308	\$1.439.474	\$0	\$0
Viaducto férreo tren ligero tercer nivel	\$0			\$380.365	\$0	\$0
Túnel (tuneladora)	\$246.058	\$246.900	\$351.817	\$57.635	\$57.635	\$351.817
Puente férreo	\$1.424	\$1.424	\$1.424	\$1.695	\$1.695	\$1.424
Estación elevada	\$556.193	\$606.756	\$657.319	\$758.445	\$960.697	\$606.756
Estación subterránea	\$697.048	\$697.048	\$1.045.572	\$0	\$0	\$1.045.572
Estación a nivel	\$9.054	\$9.054	\$9.054	\$24.144	\$12.072	\$18.108
Trinchera entre pantallas estaciones	\$184.846	\$184.846	\$277.268	\$0	\$0	\$277.268
Trinchera entre pantallas rampa	\$110.442	\$110.442	\$165.662	\$55.221	\$55.221	\$165.662
TOTAL	\$2.986.985	\$2.990.823	\$3.761.424	\$2.716.978	\$3.827.154	\$3.985.778

5.3. VALORACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE INTERFERENCIAS CON OTROS COMPONENTES Y PROYECTOS ASOCIADOS

Para las alternativas en estudio se procedió a evaluar la interacción entre el paso de estas y las estructuras existentes, determinando así el estado final para cada una de estas. El resultado obtenido es el siguiente:

Tabla 9. Interacción entre estructuras existentes y alternativas.

ID	Ubicación	Dirección	Tipo	Alternativas					Estado
				1	3	4	6	7	
PTE 0	Soacha	Autopista Sur - Calle 13	Peatonal	✓					Conservar
PTE 1	Soacha	Autopista Sur - Calle 22	Peatonal	✓					Conservar
PTE 2	Soacha	Autopista Sur - Calle 25	Peatonal	✓					Conservar
PTE 3	Soacha	Autopista Sur - Calle 30 - Estación San Mateo	Peatonal	✓					Conservar
PTE 4	Soacha	Autopista Sur - Portal San Mateo	Peatonal	✓					Conservar
PTE 5	Soacha	Autopista Sur - Puente Vehicular San Mateo	Vehicular	✓					Conservar
PTE 6	Soacha	Autopista Sur - CC Mercurio	Peatonal	✓					Conservar
PTE 7	Soacha	Autopista Sur - Calle 36 - Estación Terreros	Peatonal	✓					Conservar
PTE 8	Soacha	Autopista Sur - Avenida Terreros	Vehicular	✓					Conservar
PTE 9	Soacha	Autopista Sur - Puente Leon XIII	Peatonal	✓					Conservar
PTE 10	Soacha	Autopista Sur - Calle 47 - Estación Leon XIII	Peatonal	✓					Conservar
PTE 11	Soacha	Autopista Sur - Calle 58 - Estación La Despensa	Peatonal	✓					Conservar
PTE 12	Bogotá	Autopista Sur - Carrera 77D	Peatonal	✓					Conservar
PTE 13	Bogotá	Autopista Sur - Calle 63 Sur - Estación Bosa	Peatonal	✓	✓				Conservar
PTE14A	Bogotá	Avenida Bosa sobre Río Tunjuelo	Vehicular				✓	✓	Conservar
PTE 14	Bogotá	Autopista Sur - Terminal de Transportes del Sur	Peatonal	✓	✓		✓		Conservar
PTE 15	Bogotá	Autopista Sur - Cementerio el Apogeo	Peatonal	✓	✓		✓		Conservar
DEP1	Bogotá	Autopista Sur - Portal del Sur	Deprimido	✓	✓		✓		Conservar
PTE 16	Bogotá	Autopista Sur - Portal del Sur	Peatonal	✓	✓		✓		Conservar
DEP2	Bogotá	Autopista Sur - Portal del Sur	Deprimido	✓	✓		✓		Conservar
PTE 18	Bogotá	Autopista Sur - Estación Perdomo	Peatonal	✓	✓		✓		Conservar
PTE 19	Bogotá	Rotonda Autopista Sur -Avenida Ciudad de Villavicencio	Vehicular	✓	✓		✓		Conservar
PFE1	Bogotá	Puente Corredor Férreo Existente sobre Río Tunjuelo	Férreo	✓	✓	✓		✓	Conservar
PTE 20	Bogotá	Avenida 1ro de mayo - Carrera 69	Vehicular	✓	✓	✓		✓	Reforzar
PFE2	Bogotá	Puente Corredor Férreo Existente - Calle 17 Sur	Férreo	✓	✓	✓		✓	Demoler
PTE21	Bogotá	Avenida Ciudad de Villavicencio - Autopista Sur (CAFAM)	Peatonal				✓		Conservar

PTE22	Bogotá	Avenida Ciudad de Villavicencio - Transversal 70	Peatonal					✓	Conservar		
PTE23	Bogotá	Carrera 51 sobre Rio Tunjuelo	Vehicular					✓	Conservar		
PTE24	Bogotá	Puente Calle 38 A Sur	Vehicular					✓	Conservar		
PTE25	Bogotá	Carrera 27 - Calle 35B Sur	Peatonal					✓	Conservar		
PTE26	Bogotá	Carrera 27 - Avenida Carrera 30	Vehicular					✓	Conservar		
BOX1	Bogotá	Calle 30 Sur - Avenida Carrera 30	Box coulvert					✓	Conservar		
BOX2	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Diagonal 17 Sur	Box coulvert					✓	Conservar		
PTE27	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Diagonal 17 Sur	Peatonal					✓	Conservar		
PTE28	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Calle 5 - Estación Comuneros	Peatonal					✓	Conservar		
PTE29	Bogotá	Puente NQS con Calle 6	Vehicular					✓	Conservar		
PTE30	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Calle 10 - Estación Ricaurte	Peatonal					✓	Conservar		
PTE30A	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Calle 13	Vehicular					✓	Conservar		
PTE31	Bogotá	Avenida Carrera 30 - Calle 18A - Estación Paloquemao	Peatonal					✓	Conservar		
PTE32	Bogotá	Puente Avenida Calle 19 - Avenida Carrera 30	Vehicular					✓	Conservar		
							24	10	3	23	4



Donde:

	Viaducto
	Túnel
	En superficie (plataforma reservada)

Vale mencionar que el estado presentado para cada estructura está sujeto a un análisis realizado con base al perfil de las alternativas, por lo que existe la posibilidad de que una vez seleccionada la alternativa con mejor desempeño y luego de profundizar en los estudios, se presenten ajustes en el estado final de dichas estructuras.

Para los estados mostrados se tiene:

- **Conservar:** En los puentes presentados con este estado se deben aplicar las labores de mantenimiento preventivo y correctivos indicadas en el apartado 4.2 a fin de garantizar su conservación y correcta operación. Se maneja el estado de “conservar” debido a que de manera directa no presentarán afectación por el paso del corredor ya que este se encontrará a un nivel superior.

 <p>Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA</p>	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>
--	---	---

- **Reforzar:** Para el caso del puente ubicado en la Avenida 1ro de mayo con Carrera 69, por ser el único que tendría afectación a nivel de cimentación por el paso del corredor a través de un túnel, debe ser sometido a un estudio de reforzamiento a fin de garantizar su estabilidad y correcta operación durante y luego de las obras del corredor férreo.
- **Demoler:** Se trata de uno de los puentes del corredor férreo existente, el cual por su data y tipología estructural probablemente no presta las capacidades estructurales requeridas para el paso del corredor férreo, razón por la cual desde la perspectiva estructural se plantea en primera instancia su eventual demolición, entendiendo que para tal acción debe darse la total coordinación con el equipo de patrimonio por tratarse de un bien de interés cultural. Otra alternativa a revisar podría ser su uso como paso peatonal para lo cual se debe validar que dicho uso sea al que este sometido en la actualidad.

En el caso de las interferencias con redes húmedas y redes secas se debe referenciar al producto de estos componentes donde fueron incluidas las interferencias por cada una de las alternativas estudiadas. Así mismo en el documento de Diseño geométrico férreo se ha considerado la interferencia con diferentes proyectos que se están ejecutando en la ciudad, tal es el caso de la Línea 1 de Metro de Bogotá y Transmilenio Av. 68 donde se plantea entonces ir en este punto subterráneamente.

6. DEFINICIÓN DE CRITERIOS Y VARIABLES PARA COMPRAR ALTERNATIVAS A TRAVÉS DE LA MATRIZ MULTICRITERIO.

Para el proceso de selección de la alternativa con mejor desempeño, se analizará el impacto del componente estructural en los siguientes componentes:

- Proceso Constructivo – Rendimiento

Para las diferentes tipologías estructurales tanto de los tramos como de las estaciones, se tiene que el tiempo estimado de construcción, de acuerdo con los indicadores establecidos en el documento que describe la metodología de la matriz multicriterio, es:



 <p>Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA</p>	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>
--	---	---

Tabla 10. Tiempo de ejecución de soluciones estructurales por alternativas

Alternativa	Sistema	Longitud (m)	Rend (m/mes)	Total Sistema (meses)	Total Alternativa (meses)
1	Viaducto 2do nivel	12429,35	350	36	52
	Túnel	4202,67	300	15	
	Puente (tramo en superficie sobre corredor férreo existente)	42	350	1	
3	Viaducto 2do nivel	11929,12	350	35	51
	Túnel	4217,05	300	15	
	Puente (tramo en superficie sobre corredor férreo existente)	42	350	1	
4	Viaducto 2do nivel	13180,06	350	38	60
	Túnel	6009,03	300	21	
	Puente (tramo en superficie sobre corredor férreo existente)	42	350	1	
6	Viaducto 2do nivel	15137,83	350	44	58
	Viaducto 3er nivel	2000	230	9	
	Túnel	984,4	300	4	
	Puente (tramo en superficie)	50	350	1	
6A	Viaducto 2do nivel	20490,8	350	59	72
	Viaducto 3er nivel	2000	230	9	
	Túnel	984,4	300	4	
7	Viaducto 2do nivel	13579,55	350	39	61
	Túnel	6009,03	300	21	
	Puente (tramo en superficie sobre corredor férreo existente)	42	350	1	



 <p>Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA</p>	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	 <p>ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>
--	---	---

Tabla 11. Tiempo de ejecución de estaciones por alternativas



Alternativa	Estación	Cantidad	Total Estación (meses)	Total Alternativa(meses)
1	Elevada	11	22	48
	Subterránea	2	18	
	En superficie	3	8	
3	Elevada	12	24	50
	Subterránea	2	18	
	En superficie	3	8	
4	Elevada	13	26	52
	Subterránea	3	18	
	En superficie	3	8	
6	Elevada	15	30	40
	Subterránea	0	0	
	En superficie	8	9,5	
6A	Elevada	19	38	46
	Subterránea	0	0	
	En superficie	5	8	
7	Elevada	12	24	50
	Subterránea	3	18	
	En superficie	6	8	

El tiempo estimado para las estaciones incluye las actividades necesarias para la obtención de edificaciones terminadas, es decir, incluye los tiempos asociados a la ejecución de la estructura, actividades de acabados y redes técnicas.

Una vez obtenidos los tiempos estimados de ejecución tanto para las soluciones estructurales por alternativa como para las estaciones, se procedió a totalizar obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 12. Tiempo total de ejecución por alternativa.

Alternativa	Meses	Años
1	100	8,3
3	101	8,4
4	112	9,3
6	98	8,1
6A	118	9,8
7	111	9,3

 <p>Ardanuy CONSORCIO ARDANUY COLOMBIA</p>	<p>ELABORAR LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DEL CORREDOR FÉRREO DEL SUR EN LA MODALIDAD FÉRROVIARIA Y SU ARTICULACIÓN CON OTROS PROYECTOS DE TRANSPORTE DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA.</p>	 <p>ALCALDÍA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO</p>
--	---	---

Es importante mencionar que los tiempos presentados son lineales, es decir, no cuentan con optimización de cronograma ni solapamiento de actividades.

7. ANEXOS

- Anexo 1. INVENTARIO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES
- Anexo 2. LOCALIZACIÓN ESTRUCTURAS EXISTENTES
- Anexo 3. ARCHIVO EN DWG M2-ES-LE-GEN-NG-00 Y ESQUEMAS DE UBICACIÓN DE ACTUACIONES ESTRUCTURALES PL-ES-LE-GEN-NG-01 a 06

8. BIBLIOGRAFÍA

- IDU (2020). Boletín Técnico No. 08 Inventario de puentes de la ciudad de Bogotá D.C.
- Revista Alconpat (2018). Evaluación del ensayo de ultrasonido para la estimación de la profundidad de fisuras en concreto.
- Revista Colombiana de Materiales (2013). Evaluación de ensayos no destructivos para identificar deterioro en puentes de concreto.
- Instituto del cemento y del concreto de guatemala (2018). Boletín técnico ICCG Ensayos no destructivos para evaluación de la resistencia del concreto endurecido.
- INVIAS (2006). Manual para la inspección visual de puentes y pontones.