



**ALCALDIA MAYOR  
BOGOTA D.C.**  

---

**Instituto  
DESARROLLO URBANO**

**“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 4: PROFUNDIZACION SOBRE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA  
DISEÑO GEOMETRICO FÉRREO**


**VERSION 2**

**BOGOTÁ, 2023 – JULIO 14**




**CONTROL DE VERSIONES**

Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 0	20/03/2023	Elaboración Inicial	53
Versión 1	30/05/2023	Atención observaciones EMB	55
Versión 2	14/07/2023	Atención observaciones EMB	57

**EMPRESA CONTRATISTA**

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
		
Ing. Jesús Mazcuñan Especialista	Ing. Carlos Urdaneta Coordinador de Consultoría	Ing. Oscar Rico Director de Consultoría

**EMPRESA INTERVENTORA**

REVISADO POR:	AVALADO POR:	APROBADO POR:
		
Ing. Juan Rodríguez Parra Especialista	Ing. Diotima Preciado Coordinador de Interventoría	Ing. Abraham Palacio Director de Interventoría

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCION.</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Objetivo general.</b> .....	<b>6</b>
2.1. Objetivos específicos. ....	6
<b>3. Identificación de la localización de los rieles del corredor.</b> .....	<b>7</b>
<b>4. Prediseño geométrico del trazado (prediseño planimétrico y altimétrico) y definición estructural.</b> .....	<b>7</b>
4.1. Prediseño del trazado geométrico para determinar la solución de inserción urbana del “Proyecto” con alineamiento vertical y horizontal. ....	7
4.1.1. Estación metro de la calle 26. ....	20
4.1.1.1. Conexión intermodal en la estación 1- Santa Fé. ....	23
4.1.2. Estación de la calle 19 del Regiotram de Occidente. ....	26
4.1.3. Av. 68 con 1 de Mayo. ....	27
4.1.3.1. Nodo de intersección. ....	31
4.1.4. Predimensionamiento del Patio Taller. ....	34
4.1.4.1. Vía de pruebas. ....	38
4.1.5. Acceso al patio taller. ....	39
4.2. Prediseño de las intersecciones con corredores viales, determinando el tipo de solución a implementar. ....	40
4.3. Identificación de los trámites para la obtención de permisos, autorizaciones y licencias requeridos para el desarrollo del Proyecto. ....	40
<b>5. Propuesta para la implantación de la infraestructura del “Proyecto”.</b> .....	<b>46</b>
5.1. Generalidades de las estaciones. ....	46
5.2. Cut & cover .....	48
5.3. TBM. ....	49
5.1. Excavación con método Belga. ....	51
5.2. Vía en Balasto. ....	52

6. Conclusiones y recomendaciones.....	53
7. Referencias.....	57

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trazado de la alternativa 7 de la etapa 3.....	8
Figura 2 Perfil alternativa subterránea. ....	12
Figura 3. Alineamiento del corredor del Sur y sus estaciones. ....	19
Figura 4. Esquema del trazado y zonas de cambiavías.....	19
Figura 5. Nodo intermodal de la primera línea del metro de Bogotá, Regiotram de Occidente, Transmilenio y corredor férreo del sur.....	20
Figura 6. Población Bogotá. ....	21
Figura 7. Accesos estación del corredor férreo del sur. ....	21
Figura 8. Plan parcial de la 26 y los proyectos ferroviarios del sector. ....	22
Figura 9. Túneles del corredor férreo del sur y estación calle 26 de la Primera Línea del Metro de Bogotá.....	22
Figura 10. Implantación de la estación 1 “Santa Fe” y su conexión intermodal con los sistemas Metro, Transmilenio y demás modos del sistema de transporte ciudad — región.....	23
Figura 11. Ejemplo de planos de predimensionamiento de la estación 1 “Santa Fe” de conexión intermodal. ....	24
Figura 12. Planta general del área de influencia de la estación 1 “Santa Fe” y su relación con sistemas Metro, Transmilenio y demás modos del sistema de transporte ciudad — región, como el Regiotram de Occidente. ....	25
Figura 13. Regiotram de Occidente y corredor férreo del sur.....	26
Figura 14. Accesos estación del corredor férreo del sur y conexión con Regiotram de Occidente.....	26
Figura 15. Interacción entre Regiotram de Occidente y el corredor férreo del sur ...	27
Figura 16. Interacción entre la estación 7 de la Primera Línea del Metro de Bogotá y los túneles del corredor Ferrero del sur.....	28
Figura 17. Sección transversal de la cimentación del viaducto de la Primera Línea del Metro de Bogotá y los túneles del corredor férreo del sur.....	29
Figura 18. Condiciones generadas por la infraestructura de la Primera Línea del Metro de Bogotá. ....	29
Figura 19. Diagrama de relación de posición espacial del puente ferroviario de Wuzhun y el túnel de paso subterráneo. ....	30
Figura 20. Accesos estación del corredor férreo del sur y conexión con la estación 7 de la Primera Línea del Metro de Bogotá .....	30
Figura 21. Implantación de la estación 5 “San Eusebio” que indica la solución específica en el nodo de la intersección de la Avenida Primero de Mayo con Avenida 68.....	31
Figura 22. Ejemplo de planos de predimensionamiento de la estación 5 “San Eusebio”.....	32

Figura 23. Planta general del área de influencia de la estación 5 “San Eusebio” y su relación con la Primera Línea del Metro de Bogotá y el entorno urbano del sector.	33
Figura 24. Esquema general del lote.....	37
Figura 25. Vías de Patios. ....	37
Figura 26. Área adicional para la disposición de vías. ....	37
Figura 27. Vías del Taller para mantenimiento, lavado y soplado. ....	38
Figura 28. Diagrama de velocidad y distancia. ....	38
Figura 29. Acceso al patio taller.....	39
Figura 30. Cut & Cover.....	48
Figura 31. Esquema de fases de ejecución de estaciones.....	49
Figura 32. Proceso de excavación con tuneladora.....	50
Figura 33. Sección bitubo.....	50
Figura 34. Sección tipo del Túnel.....	51
Figura 35. Esquema de ejecución de un túnel en mina por el método belga .....	52
Figura 36. Vía en Balasto .....	53
Figura 37. Desarrollo urbano de la región.....	54
Figura 38. Intermodalidad de servicios ferroviarios de la estación central de Múnich. .....	55
Figura 39. Intermodalidad de servicios ferroviarios de la estación central de Berlín. .....	56

#### INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sectores optimizados para la alternativa elevada.....	9
Tabla 2. Alternativas evaluadas.....	11
Tabla 3. Matriz multicriterio.....	12
Tabla 4. Sectores optimizados para la alternativa subterránea.....	13
Tabla 5. Parámetros de diseño para metro pesado.....	15
Tabla 6. Diseño en planta k0+000- k11+068.....	16
Tabla 7. Diseño en planta k11+068-k23+141.....	17
Tabla 8. Diseño del perfil.....	18
Tabla 9. Distribución preliminar del lote del patio taller y su comparación respecto a la distribución del patio taller de la primera línea del metro de Bogotá.....	34
Tabla 10. Definición de las zonas del patio taller y comparación de las áreas, respecto a las con las del patio taller de la primera línea del metro de Bogotá.....	35
Tabla 11. Cálculo de número de intervenciones previstas para la carga de trabajo asociada.....	36
Tabla 12. Distribución de la carga de mantenimiento preventivo y correctiva por tipo de vía.....	36
Tabla 13. Trámites para la obtención de permisos, autorizaciones y licencias requeridos para el desarrollo del Proyecto.....	40

## 1. INTRODUCCION.

A partir del corredor seleccionado en la etapa anterior, se efectuaron algunos ajustes al trazado debido a un requerimiento de la Alcaldía de Bogotá y a la optimización del trazado en algunas zonas críticas.

Posteriormente, con el objetivo de determinar la alternativa de implantación del trazado del Corredor Férreo del Sur, se aplicó una matriz multicriterio para elegir la tipología del trazado.

Esta matriz multicriterio, comparó las tipologías elevada, mixta y subterránea y evaluó su desempeño en diferentes componentes, y la tipología subterránea obtuvo la mejor calificación en términos generales y destacó principalmente en los componentes ambientales, constructivos, urbanísticos y sociales.

Para lograr definir el trazado tanto en planta como en perfil de la etapa 4, se tuvo en cuenta el trazado propuesto de la etapa anterior y se optimizaron varios tramos, para no afectar humedales, ni las cimentaciones de futuras estructuras, y tampoco interferir dentro de las áreas de algunos planes parciales dentro de la región.

Así mismo se optimizó el trazado considerando las reservas viales y varios proyectos de transporte multimodal de la región, como lo son el Metro de Bogotá, Regiotram de Occidente y Transmilenio

Adicionalmente, con ayuda de modelos BIM se logró analizar y definir la posición del trazado y de la infraestructura de los diferentes sistemas de transporte en puntos como la calle 26, la NQS con calle 22 y en la Av.68 con 1 de Mayo, con el propósito de evitar interferencias con la cimentación de las estructuras del viaducto y de las estaciones de estos sistemas de transporte.

## 2. Objetivo general.

Prediseñar el trazado del corredor férreo del sur tanto en planta como en perfil con su respectiva implantación de la infraestructura.

### 2.1. Objetivos específicos.

- ✓ Prediseño geométrico del trazado (prediseño planimétrico y altimétrico) y definición estructural.
- ✓ Propuesta para la implantación de la infraestructura del “Proyecto”.

### 3. Identificación de la localización de los rieles del corredor.

De acuerdo con lo indicado en los Capítulos Técnicos, la localización de los rieles debía efectuarse como parte de la Etapa 3 de Caracterización y Diagnóstico, pero se resolvió que resultaba más conveniente adelantar esta tarea una vez realizada la selección de la alternativa que sería objeto de profundización y así lo planteó la Consultoría, siendo aceptada esta modificación tanto por la Supervisión del contrato, como por la Interventoría.

Al seleccionar la tipología del corredor, la consultoría solicitó la revisión de este ítem, pues en él existía la obligación de identificar los rieles con el fin de encontrar posibles hallazgos de carácter patrimonial, a pesar de cruzar de manera subterránea el corredor férreo del sur.

La respuesta, enviada en oficio de la interventoría OF-CIFS-CAC-01051-21032023 del 21 de marzo de 2023 y a su vez el oficio del IDU con radicado DTP 2023225038561, concluyen que *“debido a que la alternativa definida, a partir de los estudios y análisis multicriterio realizado por la consultoría en desarrollo de su contrato, corresponde a un sistema de metro pesado completamente subterráneo en su trazado a 25 m de profundidad, no resulta pertinente ni útil identificar en este punto de maduración del proyecto, la identificación de los rieles del antiguo corredor férreo del sur, máxime cuando dichos elementos no serán afectados por el proyecto”*.

Por dicha razón la consultoría presenta el desarrollo de este ítem.

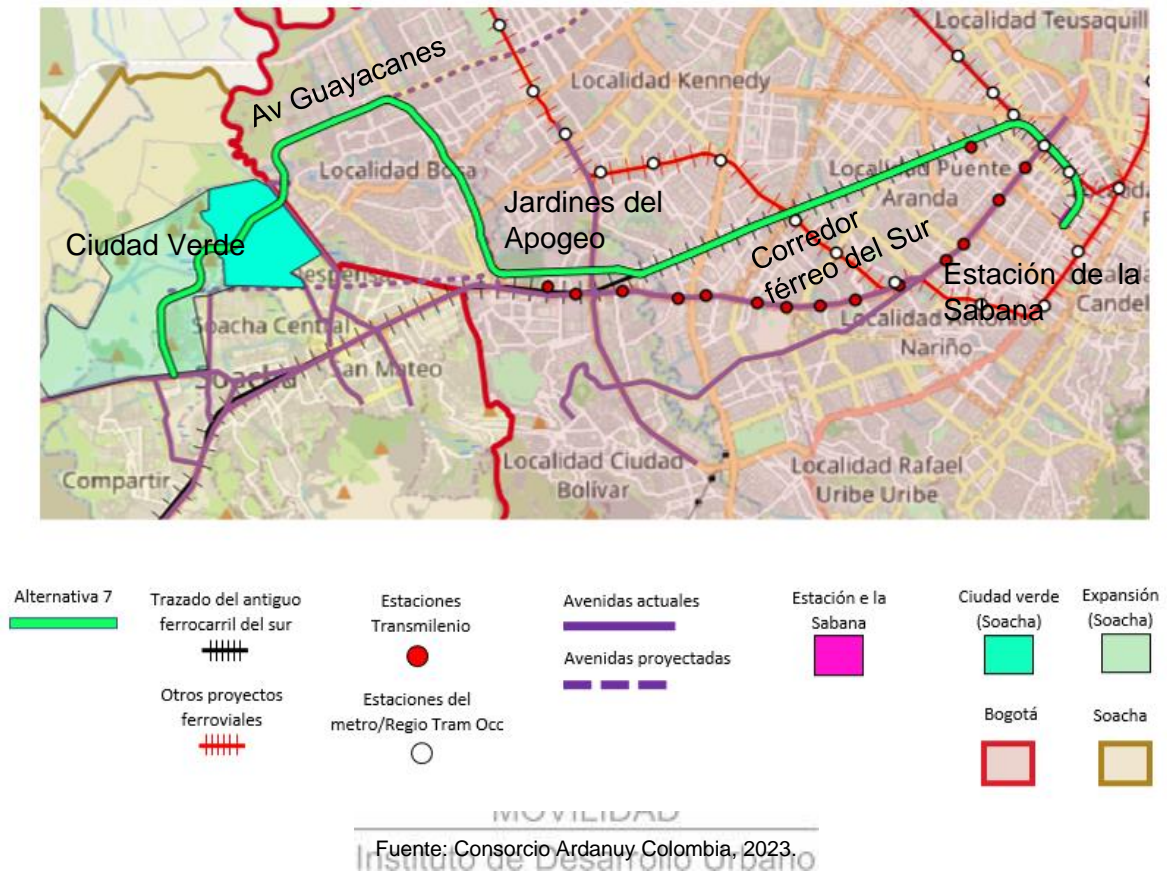
### 4. Prediseño geométrico del trazado (prediseño planimétrico y altimétrico) y definición estructural.

#### 4.1. Prediseño del trazado geométrico para determinar la solución de inserción urbana del “Proyecto” con alineamiento vertical y horizontal.

En la etapa 3 se seleccionó el corredor de la alternativa 7, el cual consistía en un trazado mixto de 24,5 km para metro pesado, el cual es cubrir una demanda máxima de 44000 pasajeros/hora-sentido y cuyo trazado comenzaba en la estación de la sabana pasando por parte del corredor férreo del sur y por la zona de expansión de Soacha.



Figura 1. Trazado de la alternativa 7 de la etapa 3.

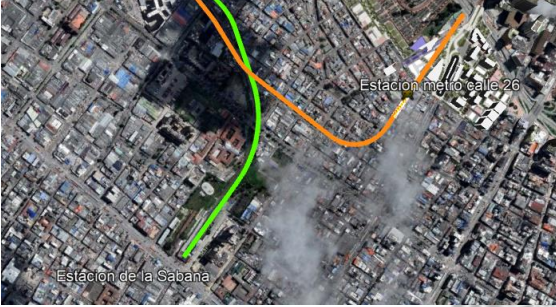




Tras hacer un análisis más detallado de las características del trazado, se resolvió optimizar varios sectores teniendo en cuenta, las afectaciones prediales, la articulación con infraestructura construida de la ciudad y los proyectos futuros de transporte de Bogotá-región.

En la Tabla 1. se compara el trazado de la etapa 3 (color verde) con el trazado optimizado (color naranja) y se describen las razones de los ajustes realizados.



**Tabla 1. Sectores optimizados para la alternativa elevada.**

Optimización	Razón
<p>Cambio del nodo de inicio</p> 	<p>La solicitud de la alcaldía fue mover el nodo de inicio hacia la estación calle metro 26, con la idea de tener una mayor interoperabilidad en el transporte.</p>
<p>Cambio en la tipología del corredor, en el barrio Santa Fe, la calle 68 y la Av. Bosa.</p> 	<p>Dado que la primera línea del metro de Bogotá es elevada, se plantea que la conexión con esta estación sea al mismo nivel para facilitar el transbordo, por lo cual el sector inicial del corredor se replantea y se propone elevado, yendo paralelo a la vía del Regiotram de Occidente, hasta la curva que toma después de cruzar la Av. NQS.</p>
<p>Cruce elevado en la conexión con la Av. 68 y Av. 1 de Mayo.</p> 	<p>Aunque inicialmente se planteaba un cruce subterráneo, se cambia la tipología del corredor del trazado para no tener que pasar por debajo de la cimentación de la estación 7, por la cimentación de los viaductos que se plantean en este sector. El trazado propuesto incluye un ligero desvío para lograr la interconexión con la estación 7 la cual se ubica al costado sur oriental del corredor.</p>

Cruce elevado por el sector de jardines del Apogeo.



Inicialmente se propuso un túnel por debajo de jardines del Apogeo, sin embargo, la afectación predial era considerable en el costado occidental de la Av. Bosa, ya el portal del túnel afectaría varias cuadras, para poder realinear el trazado a lo largo del corredor de la Av. Bosa.

Realineación del trazado por en el sector de San Bernardino.



Esta realineación se hizo con la intención de no afectar el humedal la isla ni tampoco tener alguna interferencia con el plan parcial la Marlene.

Realineación del trazado por la calle 1 en Soacha.



Se hace un ajuste al trazado, ya que el corredor 7 pasaba por un sector que tiene un valor arqueológico y también es un área protegida.

Dadas estas razones no se prevé alguna urbanización en este sector, por lo cual se decide pasar el corredor por el separador de la calle 1 de Soacha, el cual es un sector que atiende una gran cantidad de potenciales usuarios del sistema y en caso de querer alguna expansión de la vía, se puede tratar de realinear con la Autopista Sur.








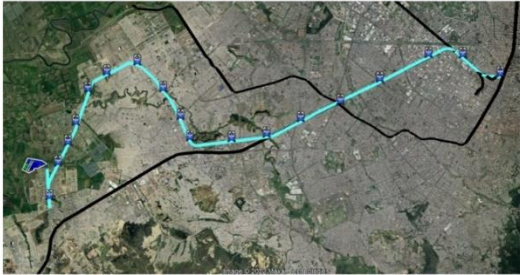

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.



Luego de optimizar el trazado, se decidió analizar la tipología del corredor, para ellos se creó una matriz multicriterio que evaluaba tres trazados: uno completamente elevado, uno mixto y otro completamente subterráneo, centrándose en los siguientes siete criterios:

- Afectación Ambiental.
- Proceso constructivo.
- Urbano – Paisajístico.
- Afectación social.
- Beneficios sociales por mejoras en Transporte.
- Financiero.
- Riesgos.

**Tabla 2. Alternativas evaluadas.**

Alternativa	Alternativa mixta
<p>Elevada.</p> 	<p>La alternativa elevada presenta dos puntos críticos, pues atraviesa dos planes parciales como los son el de la calle 26 y el Edén.</p> <p>Viaducto </p> <p>Puntos críticos </p>
<p>Mixta.</p> 	<p>La alternativa mixta también presenta dos puntos críticos, pues para construir el tramo elevado, se afecta el cementerio jardines del Apogeo y la reserva vial ubicada en la localidad de Bosa.</p> <p>Viaducto </p> <p>Túnel </p> <p>Puntos críticos </p>
<p>Subterránea.</p> 	<p>La alternativa subterránea no presenta afectación con la infraestructura existente, ni con la actualmente planificada.</p> <p>Túnel </p>

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Los resultados de la matriz, que se muestran en la **Tabla 3**, exponen claramente que la alternativa subterránea gana en 5 de los 7 criterios evaluados.

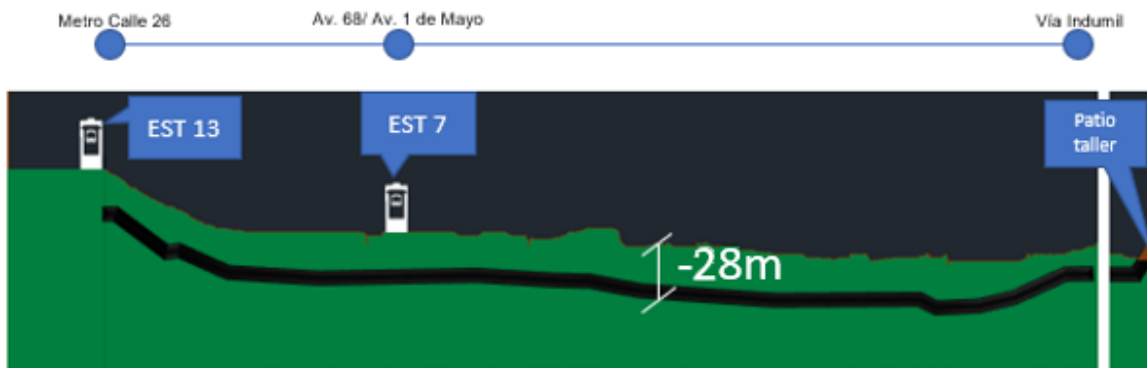
**Tabla 3. Matriz multicriterio.**

	Afectación Ambiental	Proceso constructivo	Urbano - Paisajístico	Afectación social	Beneficios sociales por mejoras en	Financiero	Riesgos	
Tipología	COMP1	COMP2	COMP3	COMP4	COMP5	COMP6	COMP7	(EVAL.)
Alternativa 7 (Metro pesado)	13%	14%	15%	5%	21%	22%	10%	100%
Túnel	67,43	81,35	97,36	99,95	100,00	58,44	79,72	81,59
Viaducto	44,07	75,31	63,43	91,23	80,69	99,85	100,00	79,26
Mixta	34,85	71,07	87,74	91,39	95,12	62,79	81,69	74,17

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Dicha alternativa subterránea, consta de un corredor bitubo de 23,1 km, 18 estaciones, con una profundidad aproximada de 30m a la cota riel, que sale a superficie cuando empalma su trayectoria con el patio taller.

**Figura 2 Perfil alternativa subterránea.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Tras profundizar en el trazado subterráneo, se analizan las interferencias que pudiera tener con la cimentación de algunas estructuras de puentes y edificios, y adicionalmente se revisó las posibles afectaciones a cuerpos de agua, redes húmedas y secas.

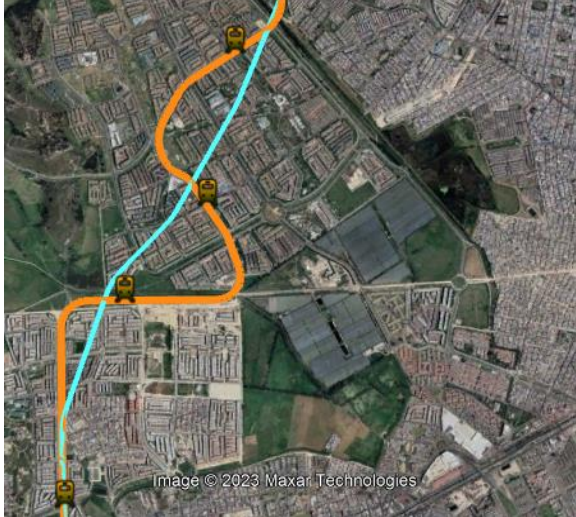
En la Tabla 4 se compara el trazado optimizado (color naranja) con el trazado optimizado subterráneo (color cian) y se describen las razones de los ajustes realizados.

**Tabla 4. Sectores optimizados para la alternativa subterránea.**

Optimización	Razón
	<p>Debido a la cimentación del viaducto de la primera línea del metro de Bogotá, se busca cruzar el trazado de manera perpendicular y cerca a estación número 7, por lo que se debe desviar el alineamiento del corredor férreo del sur y retomarlo tomando curvas de 400 metros de radio con la intención de no afectar la velocidad de la operación.</p>
	<p>Debido a la potencial demanda que se tiene en el centro comercial, se acerca el trazado hacia el sur y luego se desvía por la calle 57c sur.</p>
	<p>En la intersección de de la intersección del río Tunjuelo y la av bosa hay un puente con una cimentación de 41m, que obliga a desviar el trazado para no tener ninguna colisión, posteriormente se retoma el alineamiento con la Av. Bosa, luego de tomar una curva de 400m.</p>

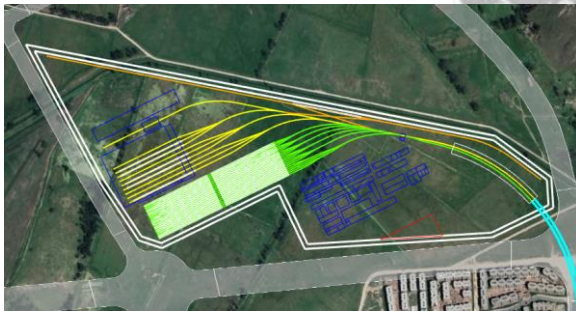


### Simplificación del trazado



Debido a que la alternativa subterránea permite hacer un trazado sin depender de la estructura urbana, se simplifica el alineamiento uniendo puntos donde se localizaron las estaciones.

### Ubicación del patio taller en el sector de la Chucua.



La selección del corredor 7, implicaba la ubicación del patio taller en el sector de la Chucua, ya que cuenta con la superficie adecuada y actualmente no tiene ninguna restricción ambiental o urbana o patrimonial.

Se establece la alineación de las vías del patio y del taller y algunas zonas para la construcción de edificios administrativos y operativos, respetando la reserva vial de Soacha.

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023

Con estos ajustes, el trayecto propuesto comprende un trazado subterráneo de 23,1Km el cual parte desde la calle 24, justo al lado de la estación 13 de la primera línea del metro de Bogotá hasta la vía Indumil en Soacha a 700m de la plaza principal del municipio de Soacha.

Este trazado subterráneo pasa a una profundidad aproximada de 30m a la cota riel, por debajo del corredor férreo del sur hasta su intersección con la Carrera 63, donde toma por la Calle 57B Sur, y luego de pasar por jardines del Apogeo, hace un giro para alinearse con la Av. Bosa.

Luego pasa por toda la Av. Bosa hasta la futura Av. Guayacanes y hace un giro hacia el sector de san Bernardino, en los límites de Bogotá con Soacha, a partir de ahí pasa por el río Tunjuelo y toma la calle 90 hacia Ciudad Verde en Soacha, posteriormente cruza la Av.



Ciudad de Cali y pasa por la Av. Tierra Negra, para luego alinearse a lo largo del separador de la Av. calle 1 hasta la vía Indumil.

El trayecto hacia el patio taller lo hace desde la vía Indumil, pasando por el separador de la Av. Calle 1 y girando hacia el sector de la Chucua.

Para el diseño en planta y en perfil de este trazado, el cual se podrá detallar en los planos que se adjuntan a este informe, se tuvo en cuenta el cumplimiento de los parámetros de la Metodología para el diseño del trazado ferroviario del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif), los cuales se resumen en la Tabla 5:

**Tabla 5. Parámetros de diseño para metro pesado.**

<b>Trazado en Planta</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Longitud	23,141m
Numero de vías férreas	2
Ancho de Vía (trocha) (mm)	1435 mm
Velocidad de Diseño (km/h)	80
Radio Mínimo de Curvas circulares (m)	400
Longitud mínima en alineación recta (m)	40 m
Radio Mínimo de curva en las estaciones	500m
Longitud mínima en curva (m)	40 m
Aceleración lateral no compensada	0,65m/s <sup>2</sup>
Tipo de desvíos	190-1:9 49
<b>Trazado en alzado</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Acuerdo vertical	2500m
Peralte Máximo (mm)	160 mm
Pendiente Longitudinal en estación	0%
Pendiente Longitudinal mínima.	0,1%
Pendiente Longitudinal máxima.	4%
Radio mínimo de las curvas verticales	40m
Aceleración vertical máxima	0,2m/s <sup>2</sup>
<b>Estaciones</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Longitud	150m
Estaciones con andén central	17
Estaciones con andenes laterales	1

Fuente: norma ADIF [1].

**Tabla 6. Diseño en planta k0+000- k11+068.**

No.	Type	Parameter Constraint	Length	Radius	Direction	Start Station	End Station	Delta angle	Chord length
1	Line	Two points	283.826m		S80.644467W (d)	0+000.00m	0+283.83m		
2	Curve	Radius	455.320m	400.000m		0+283.83m	0+739.15m	65.2197 (d)	431.133m
3	Line	Two points	326.352m		N34.135790W (d)	0+739.15m	1+065.50m		
4	Curve	Radius	94.080m	400.000m		1+065.50m	1+159.58m	13.4759 (d)	93.863m
5	Line	Two points	589.135m		N47.611696W (d)	1+159.58m	1+748.71m		
6	Curve	Radius	54.707m	1000.000m		1+748.71m	1+803.42m	3.1345 (d)	54.700m
7	Line	Two points	331.380m		N44.477208W (d)	1+803.42m	2+134.80m		
8	Curve	Radius	475.656m	400.000m		2+134.80m	2+610.45m	68.1327 (d)	448.122m
9	Line	Two points	37.469m		S67.390044W (d)	2+610.45m	2+647.92m		
10	Curve	Radius	40.000m	6047.634m		2+647.92m	2+687.92m	0.3790 (d)	40.000m
11	Line	Two points	503.080m		S67.769008W (d)	2+687.92m	3+191.00m		
12	Curve	Radius	40.000m	3216.942m		3+191.00m	3+231.00m	0.7124 (d)	40.000m
13	Line	Two points	456.166m		S68.481436W (d)	3+231.00m	3+687.17m		
14	Curve	Radius	40.000m	3724.590m		3+687.17m	3+727.17m	0.6153 (d)	40.000m
15	Line	Two points	410.349m		S67.866110W (d)	3+727.17m	4+137.52m		
16	Curve	Radius	40.000m	7831.214m		4+137.52m	4+177.52m	0.2927 (d)	40.000m
17	Line	Two points	632.869m		S67.573456W (d)	4+177.52m	4+810.39m		
18	Curve	Radius	40.000m	3977.053m		4+810.39m	4+850.39m	0.5763 (d)	40.000m
19	Line	Two points	641.773m		S68.149721W (d)	4+850.39m	5+492.16m		
20	Curve	Radius	40.000m	2062.595m		5+492.16m	5+532.16m	1.1112 (d)	40.000m
21	Line	Two points	300.038m		S69.260871W (d)	5+532.16m	5+832.20m		
22	Curve	Radius	40.000m	7860.001m		5+832.20m	5+872.20m	0.2916 (d)	40.000m
23	Line	Two points	213.269m		S68.969290W (d)	5+872.20m	6+085.47m		
24	Curve	Radius	153.416m	400.000m		6+085.47m	6+238.88m	21.9752 (d)	152.477m
25	Line	Two points	698.316m		S46.994117W (d)	6+238.88m	6+937.20m		
26	Curve	Radius	465.533m	400.000m		6+937.20m	7+402.73m	66.6826 (d)	439.700m
27	Line	Two points	148.933m		N66.323234W (d)	7+402.73m	7+551.66m		
28	Curve	Radius	319.690m	400.000m		7+551.66m	7+871.35m	45.7922 (d)	311.249m
29	Line	Two points	766.358m		S67.884593W (d)	7+871.35m	8+637.71m		
30	Curve	Radius	40.000m	665.582m		8+637.71m	8+677.71m	3.4434 (d)	39.994m
31	Line	Two points	214.750m		S64.441241W (d)	8+677.71m	8+892.46m		
32	Curve	Radius	40.000m	843.018m		8+892.46m	8+932.46m	2.7186 (d)	39.996m
33	Line	Two points	208.185m		S67.159845W (d)	8+932.46m	9+140.65m		
34	Curve	Radius	49.053m	500.000m		9+140.65m	9+189.70m	5.6211 (d)	49.034m
35	Line	Two points	322.553m		S61.538733W (d)	9+189.70m	9+512.25m		
36	Curve	Radius	298.176m	2629.663m		9+512.25m	9+810.43m	6.4967 (d)	298.016m
37	Line	Two points	273.371m		S68.035469W (d)	9+810.43m	10+083.80m		
38	Curve	Radius	370.048m	400.000m		10+083.80m	10+453.85m	53.0055 (d)	356.992m
39	Line	Two points	50.850m		N58.959056W (d)	10+453.85m	10+504.70m		
40	Curve	Radius	231.611m	400.000m		10+504.70m	10+736.31m	33.1758 (d)	228.389m
41	Line	Two points	331.741m		S87.865129W (d)	10+736.31m	11+068.05m		

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023

Tabla 7. Diseño en planta k11+068-k23+141

No.	Type	Parameter Constraint	Length	Radius	Direction	Start Station	End Station	Delta angle	Chord length
42	Curve	Radius	40.000m	2208.806m		11+068.05m	11+108.05m	1.0376 (d)	39.999m
43	Line	Two points	105.583m		S88.902717W (d)	11+108.05m	11+213.63m		
44	Curve	Radius	40.001m	1459.139m		11+213.63m	11+253.63m	1.5707 (d)	39.999m
45	Line	Two points	122.465m		S87.332014W (d)	11+253.63m	11+376.10m		
46	Curve	Radius	99.450m	11772.414m		11+376.10m	11+475.55m	0.4840 (d)	99.450m
47	Line	Two points	976.700m		S87.816034W (d)	11+475.55m	12+452.25m		
48	Curve	Radius	488.419m	400.000m		12+452.25m	12+940.67m	69.9609 (d)	458.637m
49	Line	Two points	191.919m		N22.223094W (d)	12+940.67m	13+132.59m		
50	Curve	Radius	40.000m	799.683m		13+132.59m	13+172.59m	2.8659 (d)	39.996m
51	Line	Two points	164.192m		N19.357168W (d)	13+172.59m	13+336.78m		
52	Curve	Radius	40.000m	1404226.238m		13+336.78m	13+376.78m	0.0016 (d)	40.000m
53	Line	Two points	256.977m		N19.358800W (d)	13+376.78m	13+633.76m		
54	Curve	Radius	40.000m	2793.391m		13+633.76m	13+673.76m	0.8204 (d)	40.000m
55	Line	Two points	467.398m		N20.179248W (d)	13+673.76m	14+141.15m		
56	Curve	Radius	46.837m	500.000m		14+141.15m	14+187.99m	5.3671 (d)	46.820m
57	Line	Two points	137.534m		N25.546330W (d)	14+187.99m	14+325.53m		
58	Curve	Radius	86.153m	500.000m		14+325.53m	14+411.68m	9.8724 (d)	86.046m
59	Line	Two points	646.280m		N15.673938W (d)	14+411.68m	15+057.96m		
60	Curve	Radius	262.798m	400.000m		15+057.96m	15+320.76m	37.6431 (d)	258.097m
61	Line	Two points	513.016m		N53.317023W (d)	15+320.76m	15+833.77m		
62	Curve	Radius	275.000m	1286.754m		15+833.77m	16+108.77m	12.2450 (d)	274.477m
63	Line	Two points	41.754m		N41.071995W (d)	16+108.77m	16+150.53m		
64	Curve	Radius	171.258m	400.000m		16+150.53m	16+321.78m	24.5309 (d)	169.953m
65	Line	Two points	187.830m		N65.602914W (d)	16+321.78m	16+509.61m		
66	Curve	Radius	349.794m	400.000m		16+509.61m	16+859.41m	50.1043 (d)	338.755m
67	Line	Two points	208.367m		S64.292752W (d)	16+859.41m	17+067.78m		
68	Curve	Radius	40.005m	528.282m		17+067.78m	17+107.78m	4.3389 (d)	39.996m
69	Line	Two points	606.850m		S68.631605W (d)	17+107.78m	17+714.63m		
70	Curve	Radius	40.002m	996.897m		17+714.63m	17+754.63m	2.2991 (d)	39.999m
71	Line	Two points	295.027m		S66.332553W (d)	17+754.63m	18+049.66m		
72	Curve	Radius	294.591m	400.000m		18+049.66m	18+344.25m	42.1970 (d)	287.978m
73	Line	Two points	1759.376m		S24.135539W (d)	18+344.25m	20+103.63m		
74	Curve	Radius	51.558m	400.000m		20+103.63m	20+155.18m	7.3851 (d)	51.522m
75	Line	Two points	710.754m		S31.520687W (d)	20+155.18m	20+865.94m		
76	Curve	Radius	101.848m	400.000m		20+865.94m	20+967.79m	14.5887 (d)	101.574m
77	Line	Two points	375.982m		S46.109402W (d)	20+967.79m	21+343.77m		
78	Curve	Radius	173.915m	400.000m		21+343.77m	21+517.68m	24.9114 (d)	172.548m
79	Line	Two points	716.747m		S21.197965W (d)	21+517.68m	22+234.43m		
80	Curve	Radius	135.002m	400.000m		22+234.43m	22+369.43m	19.3375 (d)	134.362m
81	Line	Two points	131.039m		S1.860423W (d)	22+369.43m	22+500.47m		
82	Curve	Radius	67.910m	1690.949m		22+500.47m	22+568.38m	2.3010 (d)	67.905m
83	Line	Two points	573.522m		S0.440615E (d)	22+568.38m	23+141.90m		

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023

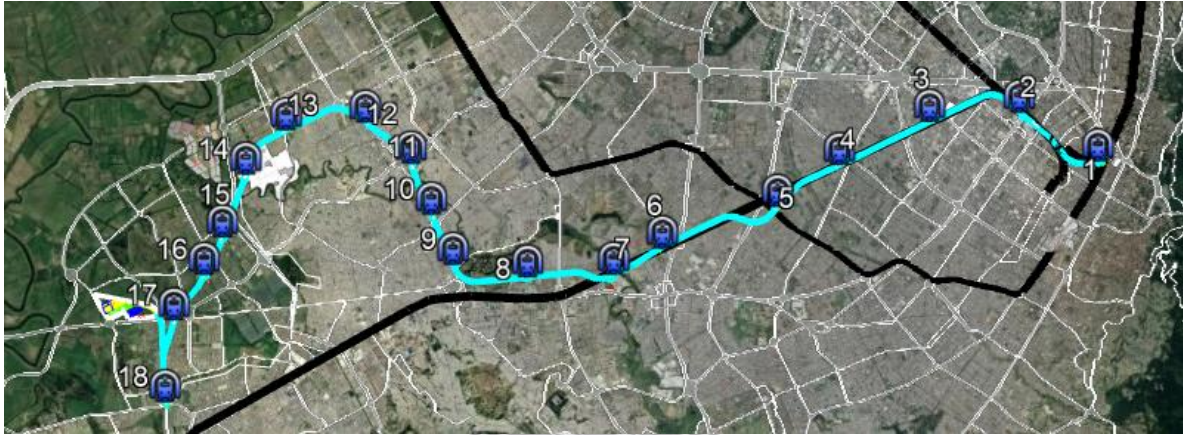
**Tabla 8. Diseño del perfil.**

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve Type	Sub-Entity Type	Profile Curve	K Value	Curve Radius
1	-0+000.00m	2561.034m		0.00%						
2	0+300.00m	2561.034m	0.00%	-1.66%	1.66%	Crest	Symmetric Parabola	41.377m	25.000	2500m
3	1+630.00m	2539.021m	-1.66%	0.00%	1.66%	Sag	Symmetric Parabola	41.377m	25.000	2500m
4	2+080.00m	2539.021m	0.00%	-0.90%	0.90%	Crest	Symmetric Parabola	22.591m	25.000	2500m
5	3+395.00m	2527.139m	-0.90%	0.00%	0.90%	Sag	Symmetric Parabola	22.591m	25.000	2500m
6	3+845.00m	2527.139m	0.00%	-0.20%	0.20%	Crest	Symmetric Parabola	5.000m	25.000	2500m
7	4+504.91m	2525.819m	-0.20%	0.18%	0.38%	Sag	Symmetric Parabola	9.595m	25.000	2500m
8	5+165.00m	2527.032m	0.18%	0.00%	0.18%	Crest	Symmetric Parabola	4.595m	25.000	2500m
9	5+615.00m	2527.032m	0.00%	0.12%	0.12%	Sag	Symmetric Parabola	3.084m	25.000	2500m
10	6+040.00m	2527.556m	0.12%	-0.20%	0.33%	Crest	Symmetric Parabola	8.165m	25.000	2500m
11	6+166.46m	2527.299m	-0.20%	0.22%	0.42%	Sag	Symmetric Parabola	10.558m	25.000	2500m
12	6+294.77m	2527.580m	0.22%	-0.25%	0.47%	Crest	Symmetric Parabola	11.839m	25.000	2500m
13	6+510.00m	2527.033m	-0.25%	0.00%	0.25%	Sag	Symmetric Parabola	6.367m	25.000	2500m
14	6+960.00m	2527.034m	0.00%	-0.24%	0.24%	Crest	Symmetric Parabola	6.110m	25.000	2500m
15	7+874.88m	2524.799m	-0.24%	0.20%	0.44%	Sag	Symmetric Parabola	11.113m	25.000	2500m
16	8+790.00m	2526.633m	0.20%	0.00%	0.20%	Crest	Symmetric Parabola	5.008m	25.000	2500m
17	9+240.00m	2526.633m	0.00%	-0.67%	0.67%	Crest	Symmetric Parabola	16.666m	25.000	2500m
18	9+780.00m	2523.033m	-0.67%	0.00%	0.67%	Sag	Symmetric Parabola	16.666m	25.000	2500m
19	10+230.00m	2523.033m	0.00%	0.54%	0.54%	Sag	Symmetric Parabola	13.441m	25.000	2500m
20	11+345.00m	2529.027m	0.54%	0.00%	0.54%	Crest	Symmetric Parabola	13.441m	25.000	2500m
21	11+795.00m	2529.027m	0.00%	-1.29%	1.29%	Crest	Symmetric Parabola	32.257m	25.000	2500m
22	12+155.77m	2524.372m	-1.29%	-0.60%	0.69%	Sag	Symmetric Parabola	17.194m	25.000	2500m
23	12+795.00m	2520.521m	-0.60%	0.00%	0.60%	Sag	Symmetric Parabola	15.096m	25.000	2500m
24	13+245.00m	2520.526m	0.00%	-0.32%	0.32%	Crest	Symmetric Parabola	8.118m	25.000	2500m
25	13+505.02m	2519.686m	-0.32%	0.26%	0.58%	Sag	Symmetric Parabola	14.470m	25.000	2500m
26	13+765.00m	2520.349m	0.26%	0.00%	0.26%	Crest	Symmetric Parabola	6.384m	25.000	2500m
27	14+215.00m	2520.349m	0.00%	-0.66%	0.66%	Crest	Symmetric Parabola	16.577m	25.000	2500m
28	14+715.22m	2517.033m	-0.66%	0.00%	0.66%	Sag	Symmetric Parabola	16.577m	25.000	2500m
29	15+164.78m	2517.033m	0.00%	-0.29%	0.29%	Crest	Symmetric Parabola	7.296m	25.000	2500m
30	15+850.08m	2515.033m	-0.29%	-0.00%	0.29%	Sag	Symmetric Parabola	7.295m	25.000	2500m
31	16+299.92m	2515.033m	-0.00%	-0.20%	0.20%	Crest	Symmetric Parabola	5.061m	25.000	2500m
32	16+850.00m	2513.919m	-0.20%	0.20%	0.40%	Sag	Symmetric Parabola	10.124m	25.000	2500m
33	17+400.00m	2515.033m	0.20%	0.00%	0.20%	Crest	Symmetric Parabola	5.063m	25.000	2500m
34	17+850.00m	2515.033m	0.00%	-0.30%	0.30%	Crest	Symmetric Parabola	7.521m	25.000	2500m
35	18+515.00m	2513.032m	-0.30%	0.00%	0.30%	Sag	Symmetric Parabola	7.558m	25.000	2500m
36	18+965.00m	2513.039m	0.00%	-0.28%	0.28%	Crest	Symmetric Parabola	7.032m	25.000	2500m
37	19+682.00m	2511.033m	-0.28%	0.00%	0.28%	Sag	Symmetric Parabola	6.995m	25.000	2500m
38	20+160.00m	2511.033m	0.00%	-0.26%	0.26%	Crest	Symmetric Parabola	6.503m	25.000	2500m
39	20+280.00m	2510.721m	-0.26%	0.14%	0.40%	Sag	Symmetric Parabola	10.049m	25.000	2500m
40	20+500.00m	2511.033m	0.14%	0.00%	0.14%	Crest	Symmetric Parabola	3.547m	25.000	2500m
41	20+882.00m	2511.033m	0.00%	0.80%	0.80%	Sag	Symmetric Parabola	19.881m	25.000	2500m
42	21+385.00m	2515.033m	0.80%	0.00%	0.80%	Crest	Symmetric Parabola	19.881m	25.000	2500m
43	21+835.00m	2515.033m	0.00%	0.48%	0.48%	Sag	Symmetric Parabola	12.037m	25.000	2500m
44	22+915.87m	2520.237m	0.48%	0.00%	0.48%	Crest	Symmetric Parabola	12.037m	25.000	2500m
45	23+142.44m	2520.237m	-0.00%							

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023



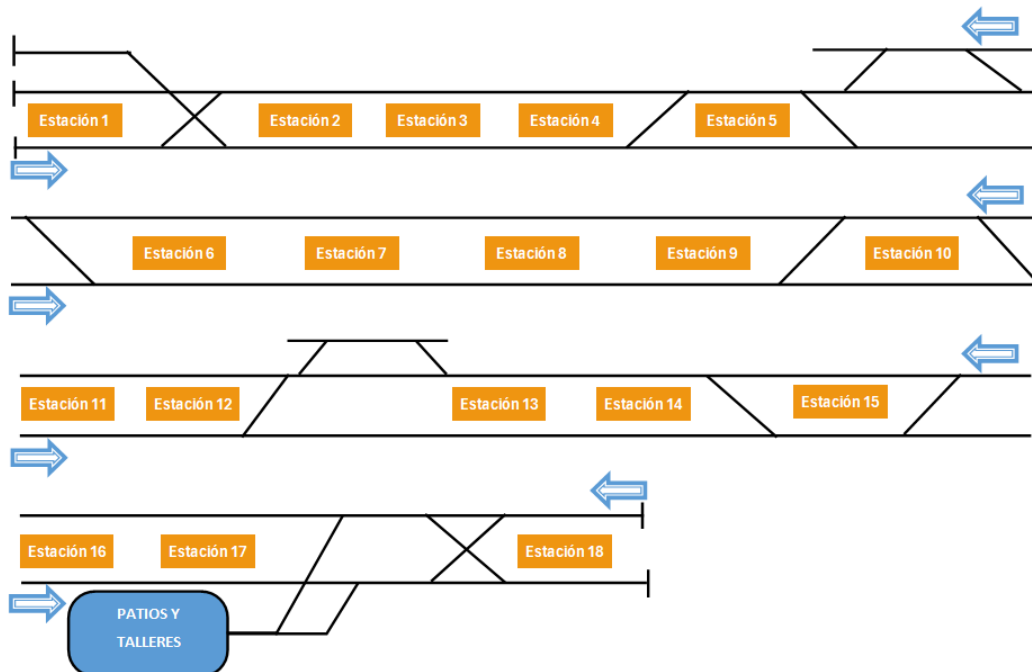
Figura 3. Alineamiento del corredor del Sur y sus estaciones.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023

Adicionalmente, a lo largo del trazado hay varias zonas en donde hacer cambios de vías y donde hacer alguna detención, así como se muestra en el esquema de la Figura 4.

Figura 4. Esquema del trazado y zonas de cambiavías.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Como parte de la integración de este proyecto con otros proyectos de transporte de la ciudad, en el diseño geométrico también se prestó especial atención a dos puntos de la ciudad, las cuales prometen ser nodos de intercambio multimodal.

#### 4.1.1. Estación metro de la calle 26.

En el punto ubicado en la calle 26 con Av. Caracas, se tiene proyectada la estación número 13 de la primera línea del metro de Bogotá, y adicionalmente, de la carrera 17 partirá el Regiotram de Occidente hacia Fusagasugá, por lo cual se ve conveniente poder acercar el trazado hacia las estaciones de estos dos sistemas, así como se muestra continuación:

**Figura 5. Nodo intermodal de la primera línea del metro de Bogotá, Regiotram de Occidente, Transmilenio y corredor férreo del sur.**



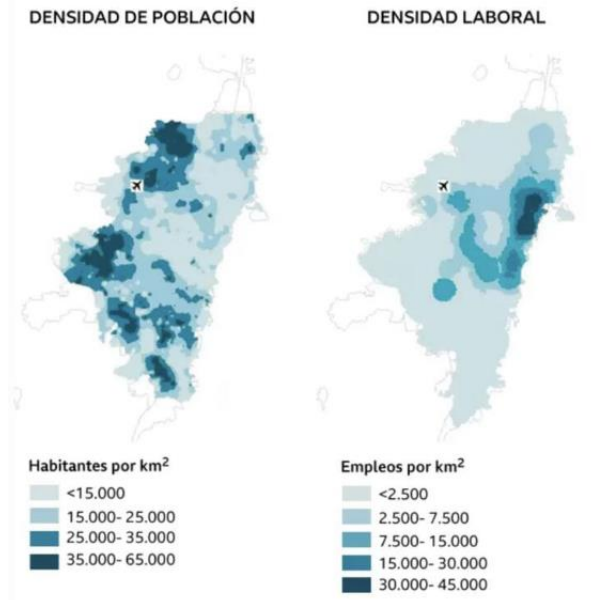
Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

El trazado del corredor férreo del sur se ubicaría entre las estaciones de estos sistemas ferroviarios, que permitirían la conexión hacia otros puntos de Bogotá o de la Sabana y sería un nodo estratégico, para conectar a los usuarios de Soacha y de Bosa hacia el norte de Bogotá, bien sea usando la primera línea del metro de Bogotá o Transmilenio.

Estos desplazamientos son importantes, ya que como se muestra en la siguiente figura, existe una gran densidad de población en el sur de Bogotá, mientras la mayoría de los trabajos se encuentran en el costado nororiental.



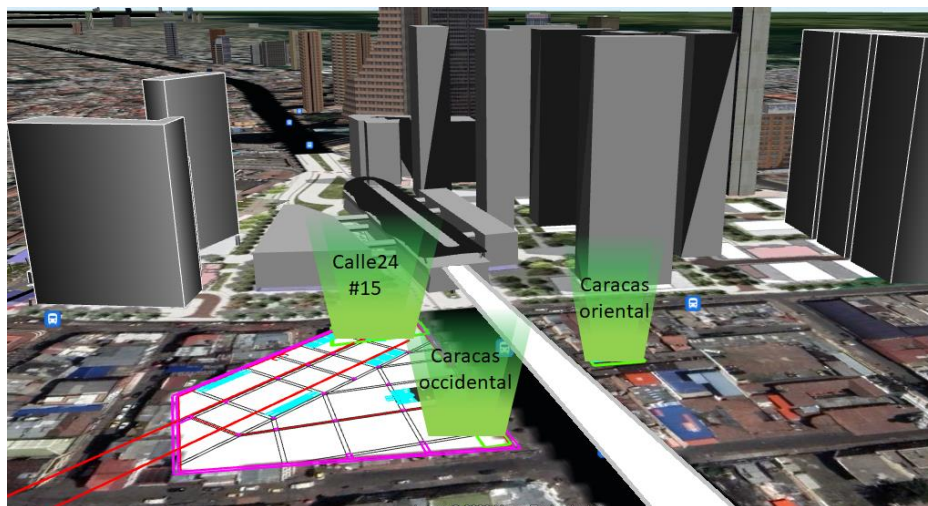
**Figura 6. Población Bogotá.**



Fuente: Guzman et al, 2022. [9]

Adicional a los proyectos ferroviarios del sector, también se encuentra el plan parcial de la 26, pero al tratar de integrar la estación inicial del corredor férreo del sur entre la estación del metro y la de Regiotram, dicho plan se vería afectado durante las excavaciones de la estación, por tal razón el diseño propuesto del corredor férreo del sur llega hasta la calle 24 y sus accesos se encuentran sobre la calle 24 con carrera 15 y a cada lado de la Av. Caracas, conectando el costado oriental con la estación a través de un túnel peatonal

**Figura 7. Accesos estación del corredor férreo del sur.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

En este lugar no se afecta el plan parcial y se puede buscar crear una conexión con los otros medios de transporte del sector

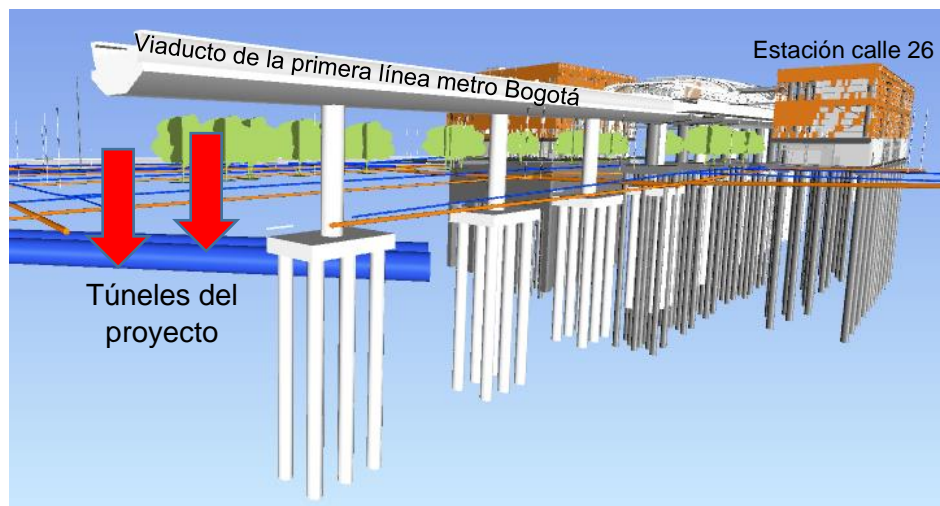
**Figura 8. Plan parcial de la 26 y los proyectos ferroviarios del sector.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Teniendo en cuenta los diseños actuales de la primera línea del metro de Bogotá se corroboró que las excavaciones propuestas en este sector de la ciudad, no afectara ni la cimentación del viaducto, ni la de los edificios de acceso del metro, tal como se muestra en la Figura 8.

**Figura 9. Túneles del corredor férreo del sur y estación calle 26 de la Primera Línea del Metro de Bogotá.**



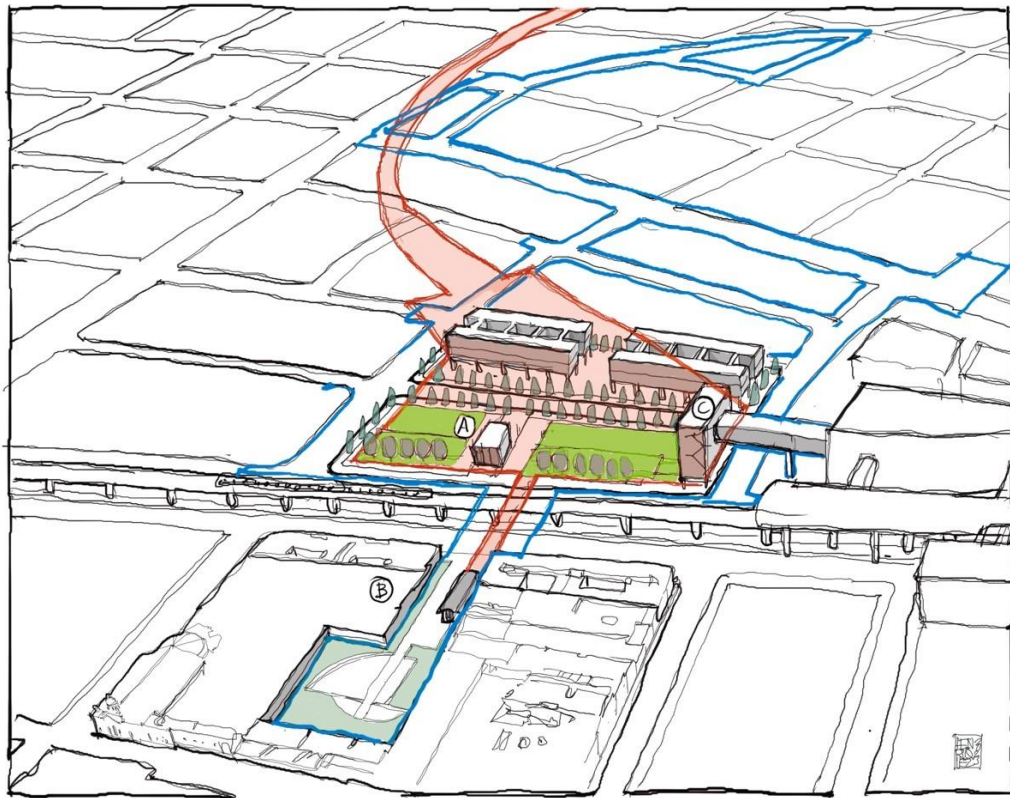
Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

#### 4.1.1.1. Conexión intermodal en la estación 1- Santa Fé.

Para la “Estación metro calle 26” de la Primera Línea del Metro de Bogotá, se considera un trazado elevado que transcurre en este sector sobre la actual Avenida Caracas y que tiene dos edificaciones al costado oriental y occidental de dicha avenida y la intersección de la calle 24.

Una vez revisado el proyecto en actual fase de estudios de detalle, se establece que la conexión que asegura la intermodalidad con esta línea de metro se asegurará gracias a un diseño que comunica tanto la Primera Línea del Metro de Bogotá como el corredor férreo del sur, a través de un puente peatonal elevado que asegure el tránsito entre las “zonas pagas” de ambas líneas.

**Figura 10. Implantación de la estación 1 “Santa Fe” y su conexión intermodal con los sistemas Metro, Transmilenio y demás modos del sistema de transporte ciudad — región.**



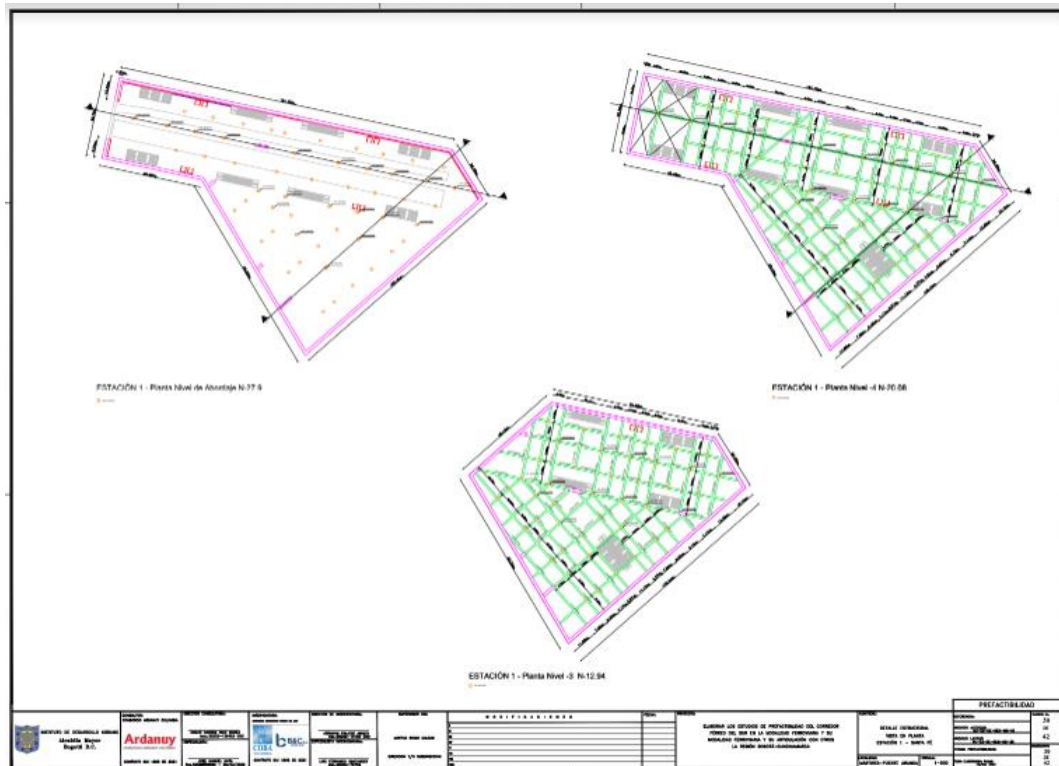
Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

De igual manera, en la estación se diseña un túnel peatonal debajo de la Avenida Caracas que permite el tránsito peatonal seguro hasta el costado oriental de dicha avenida, con el fin de asegurar la correcta relación con la estación de Transmilenio. El predimensionamiento de las estaciones se ha desarrollado dentro del componente



estructural en fase de prefactibilidad, con especificaciones del sistema aporticado en hormigón armado, vigas descolgadas, placas alveolares y macizas, lo mismo que el diseño del túnel bajo la avenida Caracas mencionado anteriormente.

**Figura 11. Ejemplo de planos de predimensionamiento de la estación 1 “Santa Fe” de conexión intermodal.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

En lo que respecta al sistema de transporte ciudad – región, la correcta respuesta a la solicitud de garantizar la interconexión modal se encuentra reflejada en el vínculo urbano propuesto con la estación del Regiotram del Occidente, que tiene prevista su finalización en la carrera 17 con calle 25. En efecto, con el fin de prever la relación entre ambos sistemas, se propone el arreglo de las calles que conectan tanto esta estación como la plaza pública que se proyecta sobre la estación 1 “Santa Fe”. Esto facilita la interconexión entre ambos sistemas de transporte procurando aceras exteriores y espacio público que procure senderos seguros, iluminados y señalizados que garanticen la accesibilidad de los peatones y una adecuada relación con el tránsito vehicular, lo mismo que con las ciclorrutas existentes que, además, se interconectan con los parques presentes dentro del barrio.

**Figura 12. Planta general del área de influencia de la estación 1 “Santa Fe” y su relación con sistemas Metro, Transmilenio y demás modos del sistema de transporte ciudad — región, como el Regiotram de Occidente.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Con lo anterior se aclara la relación con los sistemas Metro, Transmilenio y demás modos del sistema de transporte ciudad — región, aportando ejemplos de planos generales y esquemas que indican el predimensionamiento de la estación 1 “Santa Fe” que es la que resuelve la conexión intermodal solicitada.

La información más detallada se encuentra reflejada en el informe del componente estructural y en el del componente urbano, paisajístico y de arquitectura, en donde se señalan los planos de plantas, cortes, y en los esquemas de predimensionamiento estructural.

#### 4.1.2. Estación de la calle 19 del Regiotram de Occidente.

Luego de partir de la calle 24 con carrera 15, el trazado se alinea subterráneamente con la reserva férrea existente, pero debido a que esta reserva es usada por Regiotram de Occidente y a que a cada lado de la reserva se encuentran edificaciones como el centro comercial Mall Plaza y la unidad residencial Colseguros, no se tiene el suficiente espacio para implementar una estación subterránea que se conecte con la propuesta de Regiotram.

Por esta razón se aprovecha el espacio que se tiene al costado de la plaza la Hoja, para ubicar el acceso a la estación. Adicionalmente se hace un acceso al otro costado de la Av. NQS, el cual permitirá a los usuarios comunicarse con el centro comercial y con la estación de Regiotram de Occidente

Figura 13. Regiotram de Occidente y corredor férreo del sur.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Figura 14. Accesos estación del corredor férreo del sur y conexión con Regiotram de Occidente.

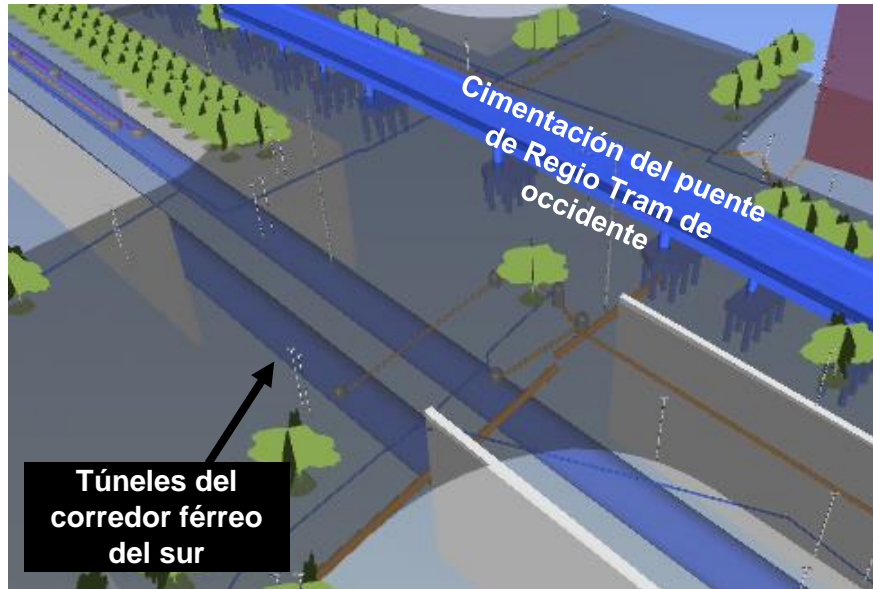


Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023



El trazado en este sector se analizó junto con la estructura que se tiene proyectada para Regiotram de Occidente sobre la Av. NQS y aunque no se presenta ninguna interferencia con el túnel del corredor férreo, se propone la instalación de unas pantallas, para estabilizar el terreno.

**Figura 15. Interacción entre Regiotram de Occidente y el corredor férreo del sur**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023

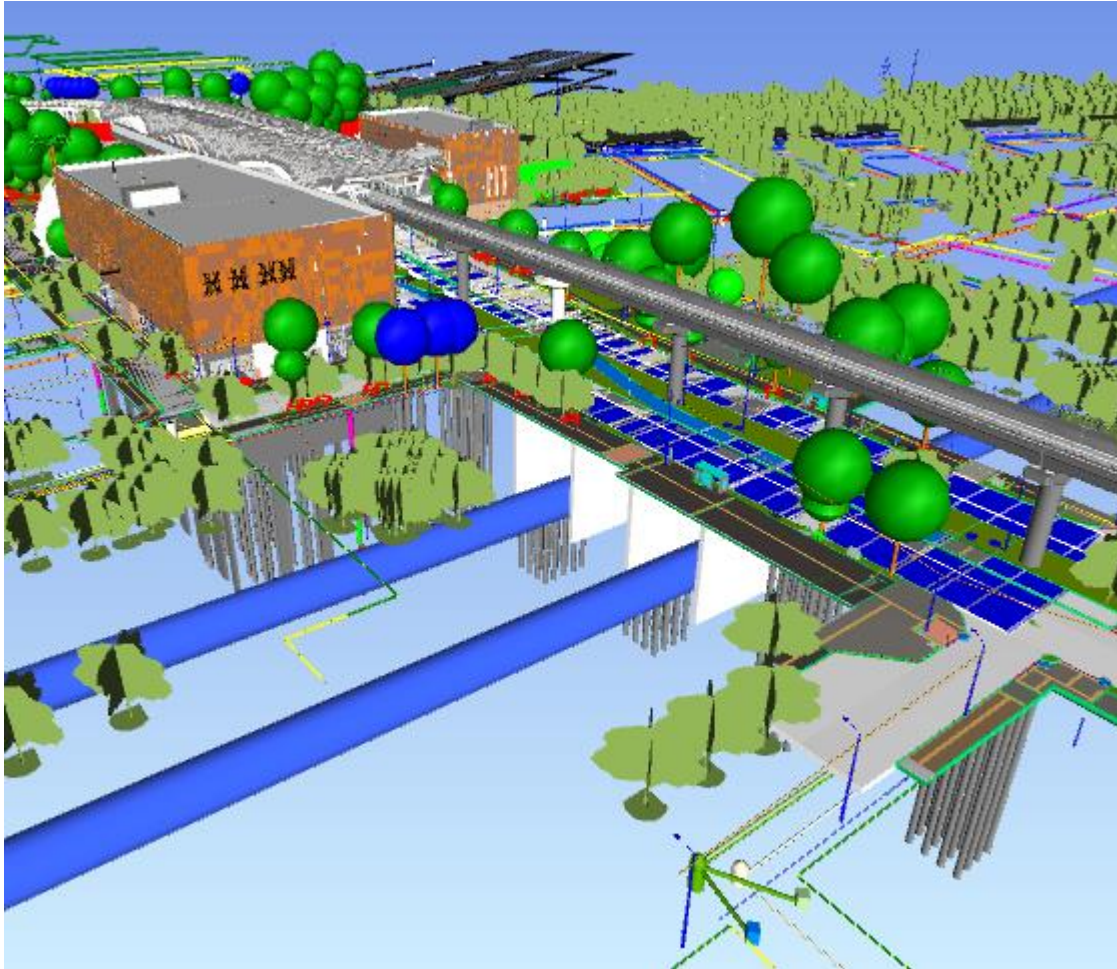
DE BOGOTÁ D.C.  
MOVILIDAD  
Instituto de Desarrollo Urbano

#### **4.1.3. Av. 68 con 1 de Mayo.**

En este punto, el diseño tuvo que desviarse para no interferir de manera considerable con la cimentación tanto del viaducto de la Primera Línea del Metro de Bogotá, como con la de los edificios de la estación, ni con la de los puentes vehiculares.

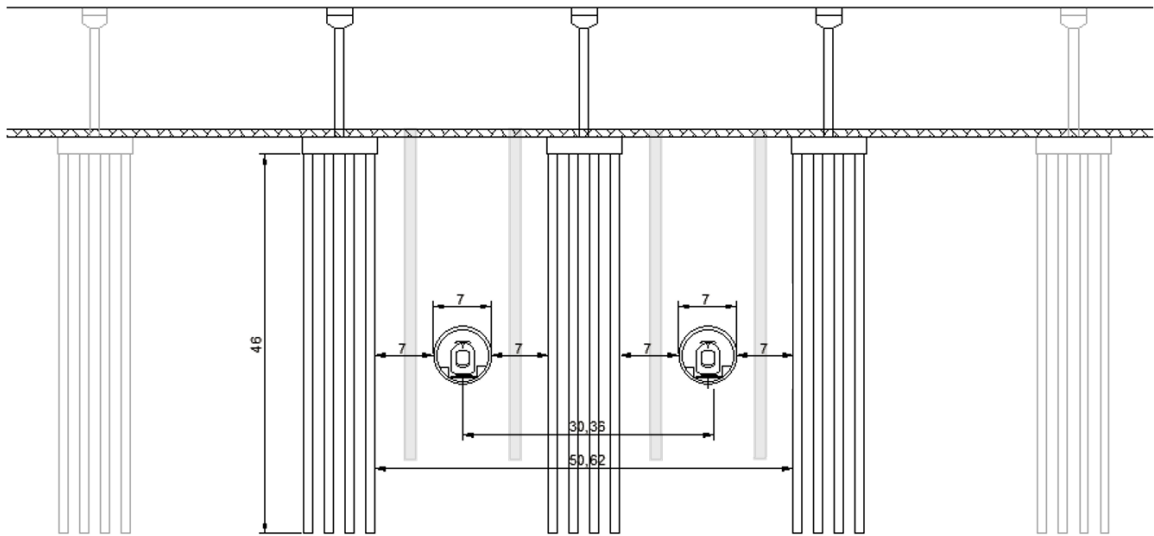
Este desvío implicó proponer una atravesar el viaducto de la Primera Línea del Metro de Bogotá y lograr continuar el trazado hacia el sur, para ello los túneles del corredor férreo del sur deberán pasar por entre la cimentación del viaducto de la Primera Línea del Metro de Bogotá y unas pantallas de contención evitan las deformaciones causadas por la perforación de los túneles.

Figura 16. Interacción entre la estación 7 de la Primera Línea del Metro de Bogotá y los túneles del corredor Ferrero del sur.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

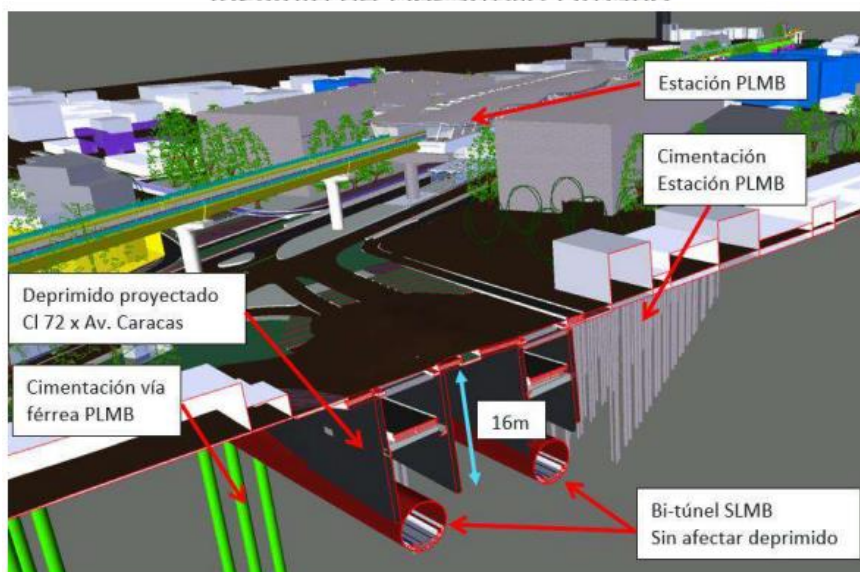
**Figura 17. Sección transversal de la cimentación del viaducto de la Primera Línea del Metro de Bogotá y los túneles del corredor férreo del sur.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Dicha solución se ha propuesto para otros proyectos, como por ejemplo para la construcción de los túneles de la Línea 2 del Metro de Bogotá con su intersección con el viaducto de la primera línea.

**Figura 18. Condiciones generadas por la infraestructura de la Primera Línea del Metro de Bogotá.**

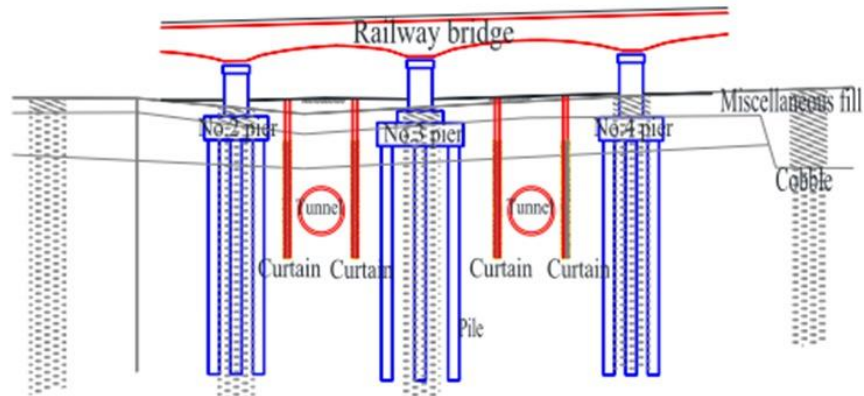


Fuente: Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, 2021. [4]



De igual manera esta solución se puede encontrar un caso de estudio a nivel internacional en el puente ferroviario de Wuzhun y el túnel de cruce inferior [11].

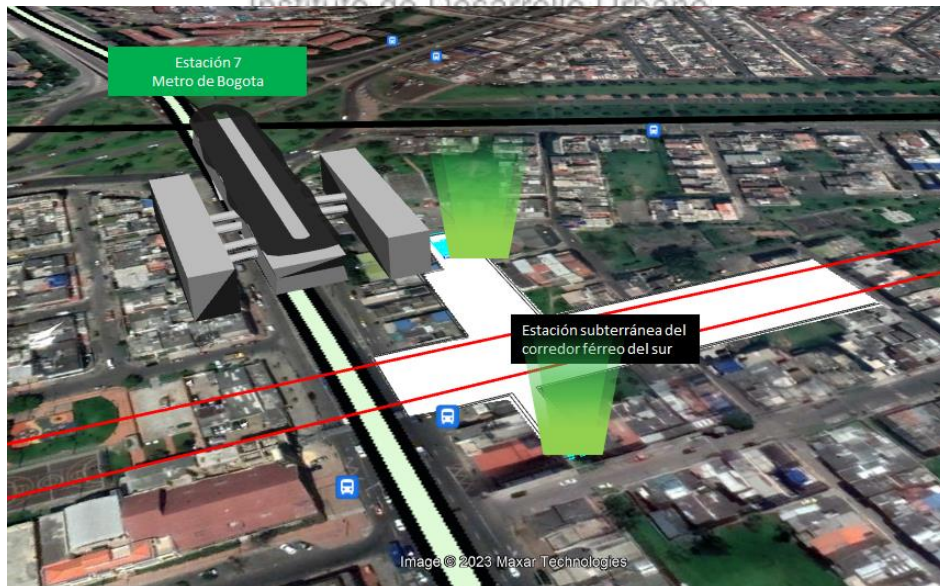
**Figura 19. Diagrama de relación de posición espacial del puente ferroviario de Wuzhun y el túnel de paso subterráneo.**



Fuente: Zhao, et al. [11]

Esta estación tendrá dos accesos que permitirán comunicarse con la estación 7 de la primera línea del metro de Bogotá y al igual que la calle 26 será un nodo multimodal muy importante para la ciudad puesto que allí también se podrán hacer conexiones con una futura troncal de Transmilenio.

**Figura 20. Accesos estación del corredor férreo del sur y conexión con la estación 7 de la Primera Línea del Metro de Bogotá**

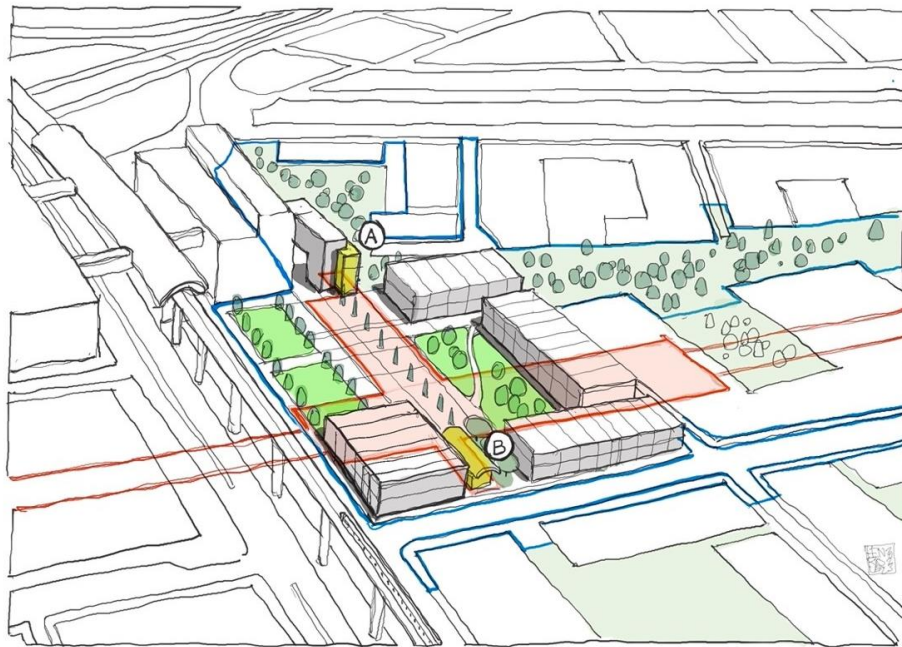


Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

#### 4.1.3.1. Nodo de intersección.

La solución definida para el punto específico ubicado en el nodo de intersección de la Avenida Primera de Mayo con Avenida 68, sitio donde confluyen la Primera Línea del Metro de Bogotá, la troncal de la avenida 68 (TransMilenio) y la reserva férrea del "Proyecto", se encuentra definida en el diseño de la Estación 5 "San Eusebio". Con el fin de asegurar la correcta relación entre ambas líneas y su interconectividad, se plantea un punto fijo de conexión vertical con ascensores y escaleras que comunican de forma exclusiva las dos "zonas pagas" de ambas líneas, de forma que los usuarios puedan transitar de un andén a otro sin necesidad de validar dos veces su billete. Esta interconexión combina tanto escaleras fijas como mecánicas, lo mismo que ascensores de uso exclusivo para los usuarios del sistema, respondiendo así a los requerimientos de accesibilidad para personas con movilidad reducida (PMR).

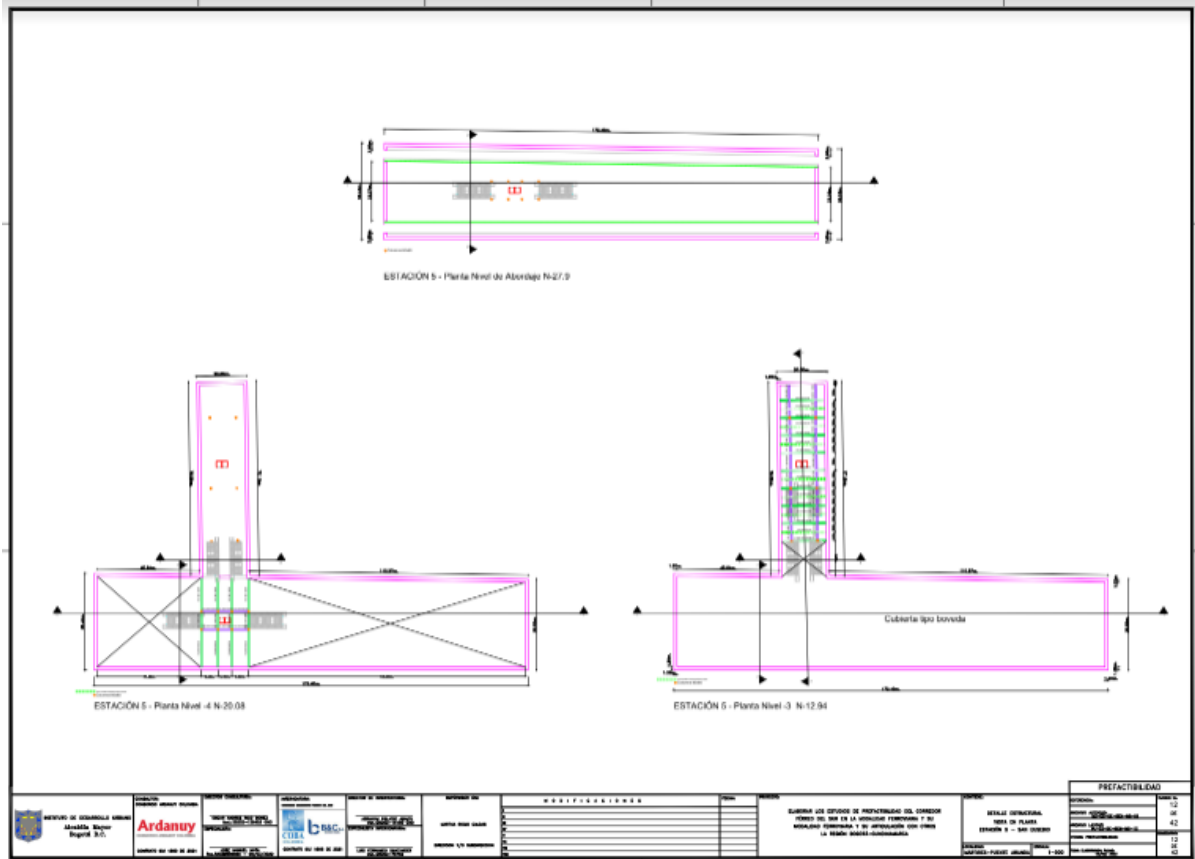
**Figura 21. Implantación de la estación 5 "San Eusebio" que indica la solución específica en el nodo de la intersección de la Avenida Primero de Mayo con Avenida 68.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

De igual manera, en este caso (al igual que en la estación 1 "Santa Fe"), la Primera Línea del Metro de Bogotá y el corredor férreo del sur se relacionan, si bien aquí la diferencia radica en que se cruzan perpendicularmente, lo cual conlleva a un cambio en el diseño de la estación para evitar afectaciones en la cimentación proyectada para la Primera Línea del Metro de Bogotá. La tipología adoptada para esta estación es la definida como "Tipo 2", que conlleva la construcción de un "Edificio de extracción" que se relaciona con la plataforma de abordaje y que permite la conexión vertical de los usuarios del sistema adaptándose al entorno urbano existente.

Figura 22. Ejemplo de planos de predimensionamiento de la estación 5 “San Eusebio”.



Instituto de Desarrollo Urbano  
Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

El diseño de una plaza pública sobre esta estación responde al trazado urbanístico presente y propone el diseño de un parque arborizado con senderos peatonales, mobiliario urbano, zonas verdes y vegetación definida a partir del Manual de arborización del Jardín Botánico, iluminación y señalética, todo esto con el fin de adaptar el sistema y las estaciones con el trazado urbano del sector y asegurar -al mismo tiempo-, la conexión tanto con la Primera Línea del Metro de Bogotá como con los otros sistemas de transporte, la red de ciclorrutas y las vías peatonales que interconectan los parques del sector y dentro del propio barrio.



**Figura 23. Planta general del área de influencia de la estación 5 “San Eusebio” y su relación con la Primera Línea del Metro de Bogotá y el entorno urbano del sector.**



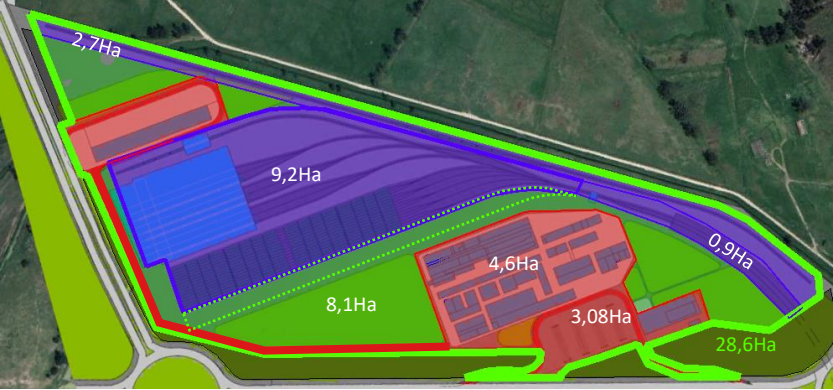
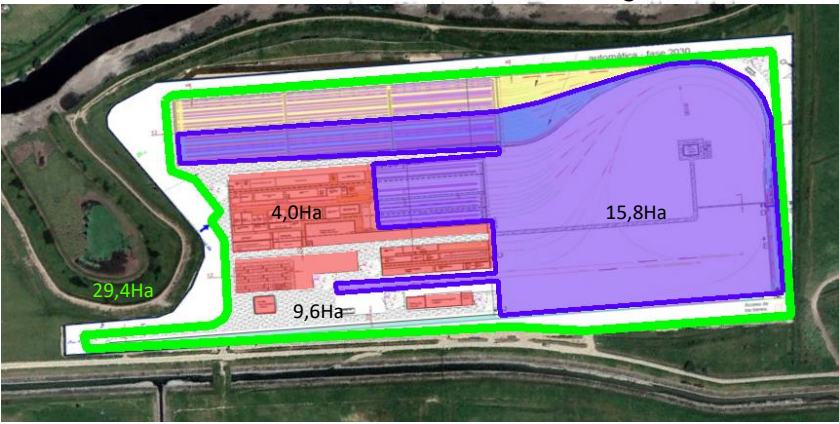
Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Con lo anterior se aclara la observación acerca de la solución definida para el punto específico ubicado en el nodo de intersección de la Avenida Primera de Mayo con Avenida 68, sitio donde confluyen la Primera Línea del Metro de Bogotá, la troncal de la avenida 68 (TransMilenio) y la reserva férrea del "Proyecto", aportando ejemplos de planos generales y esquemas que indican el predimensionamiento de la estación 5 “San Eusebio” que es la que resuelve la solución de diseño solicitada. La información más detallada se encuentra reflejada en el informe del componente estructural y en el del componente urbano, paisajístico y de arquitectura.

#### 4.1.4. Predimensionamiento del Patio Taller.

El patio taller propuesto se encuentra a las afueras del municipio de Soacha, en un lote de aproximadamente 28,6 Hectáreas, que de acuerdo con el POT vigente de Soacha [7] no tiene desarrollo urbano y en donde se ubican de manera preliminar diferentes zonas, como el accesos al patio taller, las zonas de patios, la de talleres, la vía de pruebas, varias zonas verdes, que permitirán la adecuación de edificios adicionales, y una zona administrativa que se determinó teniendo como referencia el área del patio taller de Primera Línea del Metro de Bogotá.

**Tabla 9. Distribución preliminar del lote del patio taller y su comparación respecto a la distribución del patio taller de la primera línea del metro de Bogotá.**

Esquema	Capacidad
<p>Patio taller del Corredor férreo del Sur.</p> 	<p><b>Capacidad:</b> 15 vías (Horizonte temporal 2055).</p> <p><b>Posible extensión:</b> 6 vías adicionales.</p>
<p>Patio taller de la Primera Línea del Metro de Bogotá.</p> 	<p><b>Capacidad Inicial:</b> 10 vías (Fase2030).</p> <p><b>Extensión:</b> 9 vías adicionales. (Fase 2050).</p>

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.



**Tabla 10. Definición de las zonas del patio taller y comparación de las áreas, respecto a las con las del patio taller de la primera línea del metro de Bogotá.**

Zona	Área aproximada (Ha)		Descripción
	Corredor férreo del Sur.	Primera Línea del Metro de Bogotá.	
Administrativa	4,6	4,0	Edificios y vías vehiculares internas.
Otros	11,2	9,6	En estas zonas se disponen parqueaderos (3,08 Ha) zonas verdes (8,1 Ha) reservadas para áreas de cesión, adecuaciones y ampliaciones.
Patios y Talleres	12,8	15,8	En esta zona se ubicaran las zonas de parqueo de los trenes y sus diferentes zonas de inspección, mantenimiento, lavado y soplado, el área total de esta zona ocupa 9,2 Ha.  Por otro lado, el ingreso al patio taller se hace por una rampa, la cual requiere un espacio de desarrollo, para sacar los trenes a superficie que ocupa 0,9 Ha.  Adicionalmente se incluye una vía de pruebas que ocupa un área de 2,7 Ha.
Total	28,6 Ha	29,4 Ha	

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Para el cálculo de las vías de taller, se sigue una metodología similar a la planteada en la “Propuesta funcional y pre-dimensionamiento de infraestructura de patios y talleres” del “Estudio y diseño de prefactibilidad” de la segunda línea del metro de Bogotá [5], en donde se definen los horarios de operación, el recorrido anual de la flota, el número de intervenciones de acuerdo con diferentes planes de mantenimiento preventivo los cuales se indican con la sigla MP y pueden llegar a ser de cuatro clases (MP1, MP2, MP3 y MP4) como también se podrán desarrollar revisiones periódicas que se anuncian con la letra R y son de tres clases (R1 R2 y R3)

De acuerdo con la información de la hoja “calculo km” del Anexo 2. Costos de O&M V2.xlsx, que se encuentra en el informe de presupuesto y cronograma de la etapa 4, denominado “17. CAC-SGC-PYC-INF.PAS-1-v.2”, se establece que la flota total está compuesta por 34 trenes, de los cuales 29 estarán en circulación, mientras que los otros 5 trenes (que corresponden al 15% de la flota total) estarán en alguna de las actividades de mantenimiento.

Adicionalmente se establece que, en un año cada unidad recorre una distancia de 210471km.

Con esta información se pueden establecer los días de trabajo requeridos para las diferentes intervenciones del plan de mantenimiento, aclarando que cada día de trabajo corresponde a 8 horas laborales:



**Tabla 11. Cálculo de número de intervenciones previstas para la carga de trabajo asociada.**

Intervención	Distancia recorrida (m)	Duración (días)	Número de intervenciones	Días de trabajo
MP1	20.000	1,0	358	358
MP2	40.000	2,0	179	358
MP3	80.000	3,0	89	268
MP4	160.000	5,0	45	224
R1	300.000	10,0	24	239
R2	600.000	20,0	12	239
R3	1.200.000	50,0	6	298
Torneo de ruedas	45.000	2,0	159	318

Número de intervenciones/duración

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023

34 trenes x 210471 ÷  
Distancia recorrida.

Posteriormente se establece la cantidad vías actividades de foso y pasarelas, torno foso, planos, levante y pintura, teniendo en cuenta que el mantenimiento total representa el mantenimiento preventivo 65%, el mantenimiento correctivo 30% y los accidentes-choques entre trenes y vehículos que circulan por la ciudad 5%. Además, se multiplica el 80% para vías en foso y pasarelas y el 20% para vías en levante porque para el mantenimiento correctivo se realiza en foso y levante.

**Tabla 12. Distribución de la carga de mantenimiento preventivo y correctiva por tipo de vía.**

Intervención	Foso y pasarelas	Torno foso	Planos	Levante	Pintura	Total días de trabajo
MP1	358					<b>358</b>
MP2	358					<b>358</b>
MP3	268					<b>268</b>
MP4	224	239x30%				<b>224</b>
R1	72			167	239x(65%+5%)	<b>239</b>
R2	72			167		<b>239</b>
R3			298			<b>298</b>
Torneo de ruedas		318			Correctivo x(5%)	<b>318</b>
Accidentes / choques	$\Sigma(MP+R) \times 30\% \times (80\%)$		$\Sigma(MP+R) \times 30\% \times (20\%)$		68	<b>68</b>
Correctivo	324			81		405
Total	1675	318	298	415	68	2774
<b>vías</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>

Total/365días

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023

Cantidad total de vías

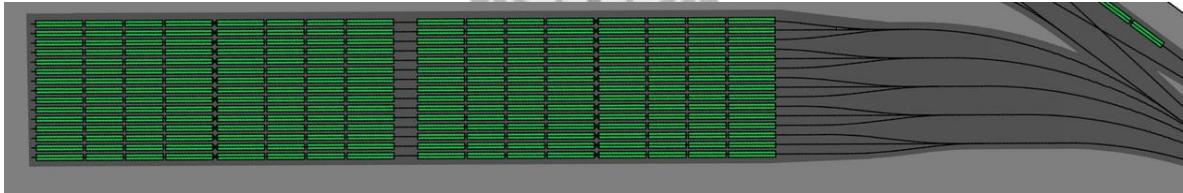
**Figura 24. Esquema general del lote.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

De acuerdo con el informe de ingeniería ferroviaria, para el horizonte temporal del 2050 se espera la disposición de hasta 34 trenes, 29 de ellos ubicados en las 15 vías de parqueo.

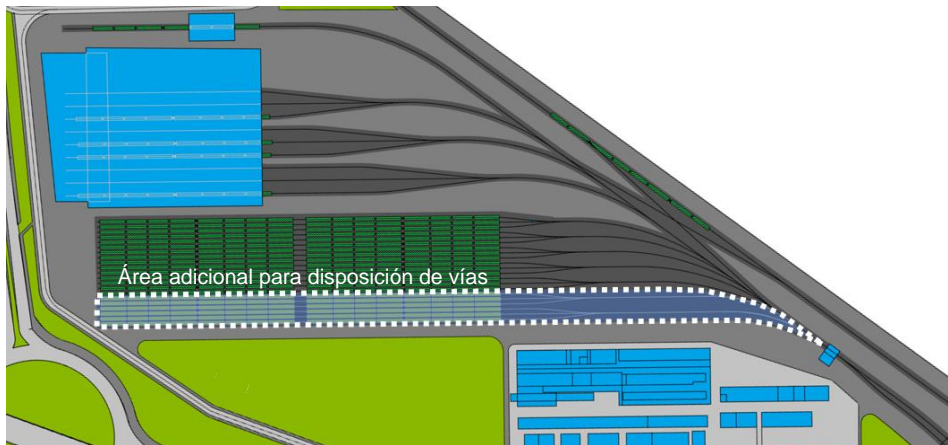
**Figura 25. Vías de Patios.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

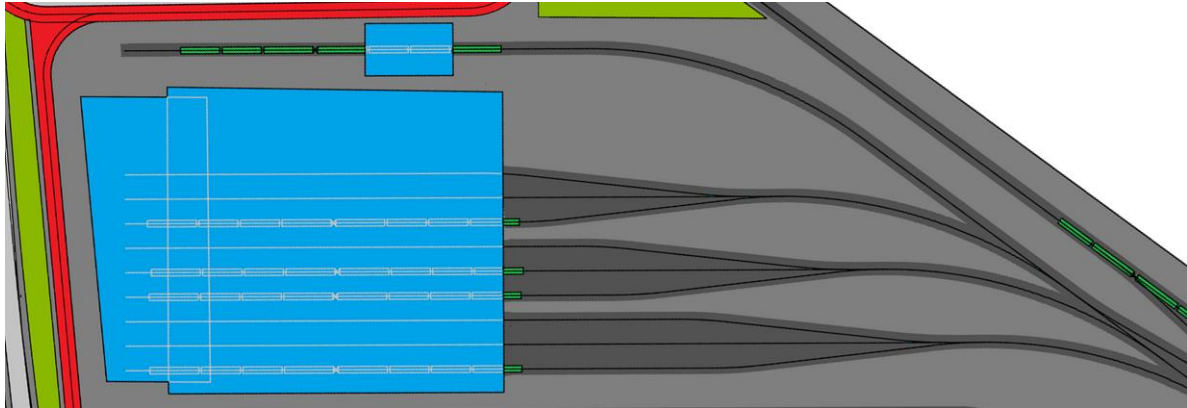
En caso de una mayor demanda, se podrán instalar 6 vías adicionales para el parqueo de 12 trenes, así como se muestra en la Figura 26.

**Figura 26. Área adicional para la disposición de vías.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023

Figura 27. Vías del Taller para mantenimiento, lavado y soplado.

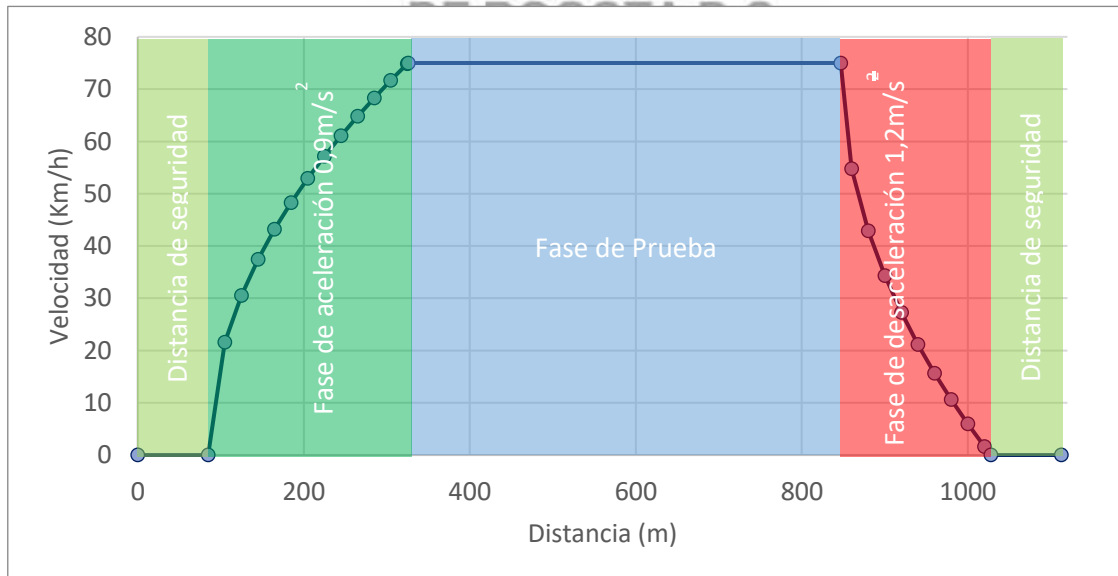


Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023

#### 4.1.4.1. Vía de pruebas

Adicionalmente se tiene una vía de pruebas de 1112,51m, la cual permite probar trenes a una velocidad máxima de 75 km/h durante 25 segundos, así como lo muestra la siguiente grafica de velocidad.

Figura 28. Diagrama de velocidad y distancia.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.



**Fase de aceleración:**

- Distancia =  $((20,83\text{m/s})^2 - (0\text{m/s})^2) / (2 \times 0,9\text{m/s}^2)$
- Distancia 241,13m

**Fase de prueba con velocidad máxima:**

- Distancia =  $20,83\text{m/s} \times 24\text{s}$
- Distancia = 520,83 m

**Fase de frenado:**

- Distancia =  $((0\text{m/s})^2 - (20,83\text{m/s})^2) / (2 \times -1,2\text{m/s}^2)$
- Distancia 180,84m

**Distancia total con 18% de incremento:**

- $(241,13\text{m} + 520,83\text{ m} + 180,84\text{m}) \times (100\% + 18\%) = 1112,51\text{m}$

**4.1.5. Acceso al patio taller.**

Debido a que el trazado del corredor es subterráneo, este sale a superficie en un portal de 200 metros de longitud, con una pendiente del 4% en el sector de la chucua. Posteriormente los trenes se desviarán tanto a los patios como a la zona de los talleres.

Figura 29. Acceso al patio taller.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

#### 4.2. Prediseño de las intersecciones con corredores viales, determinando el tipo de solución a implementar.

Dado que el corredor propuesto es 100% subterráneo, no se presentan intersecciones con los corredores viales y en el portal de salida se garantiza la libre circulación vehicular respetando la reserva vial de la avenida Cali.

En el informe de diseño geométrico vial, se mostrará la implementación de los corredores con el acceso a algunas estaciones.

#### 4.3. Identificación de los trámites para la obtención de permisos, autorizaciones y licencias requeridos para el desarrollo del Proyecto.

De acuerdo con los diferentes componentes del proyecto, se enlistan los trámites requeridos para el desarrollo del proyecto en la siguiente tabla:

**Tabla 13. Trámites para la obtención de permisos, autorizaciones y licencias requeridos para el desarrollo del Proyecto.**

TRAMITE	PERMISO/AUTORIZACION/LICENCIA	ENTIDAD	TIEMPOS DE TRÁMITE
PROTECCION PATRIMONIO MATERIAL - Colindancia con BICs del grupo urbano y arquitectónico del nivel 1 y 2	Autorización de intervención de cualquier obra dentro de la zona de influencia del BIC de 100m a la redonda partiendo de los límites del predio.	ámbito nacional - Dirección de Patrimonio del Ministerio de Cultura	6 meses / 1 año
	Autorización del área de intervención de cualquier obra en el entorno patrimonial del BIC <b>nivel 1</b> a 100m redonda partiendo de los límites del predio. Autorización de intervención del área de protección del entorno patrimonial para el <b>nivel 2</b> dentro del área visible del BIC.	ámbito distrital - Instituto Distrital de Patrimonio Cultural POT 555 de 2021 Subcapítulo II Estructura Integradora Patrimonios artículos 80 a 87.	
	Autorización de intervención de los BIC declarados en la Lista de Patrimonio Municipal.	ámbito municipal - Secretaría de Cultura del Municipio de Soacha	

TRAMITE	PERMISO/AUTORIZACION/LICENCIA	ENTIDAD	TIEMPOS DE TRÁMITE
PROTECCION DE LAS MANIFESTACIONES CULTURALES (equipamientos, sistemas cooperativos y redes socioeconómicas dedicadas a las actividades tradicionales y ancestrales)	Reconocimiento del Inventario de los entornos barriales con densidad patrimonial y el desarrollo territorial.	ámbito distrital - Instituto Distrital de Patrimonio Cultural	sin reglamentar
Compra/ cesión de predios	Autorización del propietario del terreno	IDU IDRD DADEP	
Identificar las autoridades y organismos encargados de otorgar las licencias y permisos necesarios para la construcción del túnel.	Autorización del distrito	IDU UAECD Empresas de servicios públicos	
Obtener la licencia de construcción, que debe ser emitida por la autoridad local encargada de la planificación urbana y la construcción.	Permiso de construcción/	Curadurías urbanas	
	Licencia de construcción:		
Solicitar la licencia de uso de suelo, que debe ser emitida por la autoridad local encargada de la planificación urbana.	Permiso de uso de suelo/	Secretaría de Planeación	
	Autorización de la autoridad de planificación urbana/		
	Licencia de uso de suelo:		
Solicitar la licencia de ocupación de vía pública, que debe ser emitida por la autoridad municipal correspondiente.	Permiso de ocupación de la vía pública: Licencia de ocupación de vía pública:	Secretaría de Movilidad	
Obtener el permiso de tráfico, que debe ser emitido por la autoridad encargada de la gestión del tráfico en la zona.	Permiso de tráfico	Secretaría de Movilidad	
Obtener el permiso de demolición, si se requiere la demolición de edificios o	Permiso de demolición: Permiso de demolición:	Dirección de Control Urbano y Espacio Público Curadurías urbanas	



TRAMITE	PERMISO/AUTORIZACION/LICENCIA	ENTIDAD	TIEMPOS DE TRÁMITE
estructuras existentes.			
Obtener la licencia de seguridad, que debe ser emitida por la autoridad encargada de la gestión de la seguridad de la construcción y el uso posterior del túnel.	Permiso de seguridad: Autorización de la autoridad de seguridad: Licencia de seguridad:	Secretaría de Movilidad	
Permiso arqueológico	movimiento de rieles	Instituto Colombiano de Antropología e Historia	
Financiamiento		FDN	
		Gobierno nacional de Colombia,	
		Ministerio de transporte	
		Findeter,	
		Instituciones extranjeras	
	Presentación de operación de crédito	ExportImport Banks	6 Meses
	Presentación de operación de crédito	Bancos multilaterales	8 Meses
Negociación contrato fuente de pago	Fiducia de fuente de pago	3 Meses	
Grupos étnicos	Certificación de Presencia de grupos étnicos	Agencia Nacional de Tierras	Sin visita de verificación: de 12.72 días hábiles Con visita de verificación: de 64.05 días hábiles
	Procedencia o no de consulta previa	Subdirección técnica de Consulta Previa - DANCP, adscrita al Ministerio del Interior.	1 mes aproximadamente
Social	En caso de determinar la presencia de comunidades étnicas y recibir respuesta sobre la procedencia de consulta previa se deberá adelantar el proceso de acuerdo con los requerimientos de la normatividad vigente.	La responsabilidad para llevar a cabo procesos de Consulta Previa es compartida entre los representantes de los proyectos y el Ministerio del Interior. El Ministerio es responsable de la forma en que se desarrolla el	

TRAMITE	PERMISO/AUTORIZACION/LICENCIA	ENTIDAD	TIEMPOS DE TRÁMITE
		proceso en cada caso particular y los representantes de cada uno de los proyectos son responsables de participar activamente durante el proceso de consulta previa y de proporcionar los recursos necesarios para cada proceso en particular.	
Redes Húmedas	Definición de derechos de vías de las líneas matrices y troncales de acueducto y alcantarillado		
	Trámite ante la EAAB ESP, para obtener código del proyecto para el movimiento de redes hidrosanitarias que tengan lugar sobre el Área de influencia directa del proyecto e la fase de construcción		
	Cumplimiento de la Resolución 886 del 2021, por la cual se adopta el Reglamento de Intervenciones en la Infraestructura de la EAAB - ESP para el desarrollo de sistemas de transporte público masivo en la ciudad de Bogotá y municipios colindantes		
	Trámite para obtener acometidas y suministro de agua para cada una de las estaciones a construir ante la EAAB ESP para obtener la Certificación de Viabilidad y Disponibilidad Inmediata de Servicios Públicos, en la fase de construcción		
	Trámite para la Instalación temporal del servicio público en los frentes de obra proyectados ante la EAAB ESP.		
	Trámite para obtener permiso de vertimientos (PGRMV) y manejo de aguas industriales ante la secretaria de ambiente de Bogotá Y CAR (para Soacha), para las aguas provenientes del patio taller.		

TRAMITE	PERMISO/AUTORIZACION/LICENCIA	ENTIDAD	TIEMPOS DE TRÁMITE
	Tramite de licencia ambiental (EIA) y (PMA), en la fase de construcción del proyecto, donde existe un componente de hidrología y drenaje.		
Diseños		Ministerio de Energía y Minas	
		Ministerio de Energía y Minas	
		Ministerio de Energía y Minas	
		Asociación Nacional de Protección contra el Fuego	
		Asociación Nacional de Protección contra el Fuego	
		Ministerio de Energía y Minas	
		Ministerio de Energía y Minas/CREG	
		Ministerio de Energía y Minas	
		Ministerio de las TIC	
		Ministerio de las TIC	
		TIA	
TIA			



TRAMITE	PERMISO/AUTORIZACION/LICENCIA	ENTIDAD	TIEMPOS DE TRÁMITE
Redes secas	Permiso para mover redes secas	Energía: ENEL Guía de trámites y solicitudes   Enel Colombia  Redes de Gas: Vanti Trámites y Términos de las actuaciones de los clientes frente a la distribuidora - Grupo Vanti  Redes de Comunicaciones: ETB Claro Trámites en línea Movistar Contacto - Movistar  Todos contactos directos con la entidad prestadora del servicio	Según la dificultad y la cantidad de red a desplazar o remover.
Forestal	Permiso de aprovechamiento forestal ante la Secretaría Distrital de Ambiente y CAR.	CAR/SDA	Entre 8 y 12 meses
Forestal	Implementación de diseños paisajísticos ante el Jardín Botánico José Celestino Mutis.	Jardín Botánico José Celestino Mutis.	Entre 4 y 6 meses
Forestal	Permiso de salvoconducto de movilización de madera ante la Secretaría Distrital de Ambiente.	SDA y CAR.	Entre 1 y 2 meses
Forestal	Permiso de endurecimiento de zonas verdes ante la Secretaría Distrital de Ambiente.	CAR/SDA	Entre 3 y 6 meses
Forestal	Permiso de actualización en el Sistema de información para la gestión del arbolado urbano para Bogotá (SIGAU).	SDA Jardín Botánico José Celestino Mutis.	Entre 3 y 6 meses
RCD (Residuos de Construcción y Demolición)	Registro ante la SDA como gran generador de RCD	SDA	Entre 3 y 6 meses
Recurso Hídrico	Permiso de Ocupación de Cauce	CAR	Entre 3 y 6 meses
Recurso Hídrico	Solicitud permiso de vertimientos	CAR/SDA	Entre 3 y 6 meses

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

## 5. Propuesta para la implantación de la infraestructura del “Proyecto”.

A continuación, se analiza y se define de manera sencilla, las tipologías estructurales para la infraestructura del trazado, la cual se puede encontrar de manera as detallada en el informe del componente de estructuras.

### 5.1. Generalidades de las estaciones

Se establecen varios parámetros comunes para la fase de prefactibilidad de las estaciones, así:

**Profundidad de las estaciones:** uno de los parámetros comunes a todas las tipologías de estaciones es el adoptado para la línea 2 del metro de Bogotá, en la que se define una sección tipo con 4 niveles subterráneos, con la cabeza de riel a 30 metros de profundidad.

**Comunicación vertical:** en cada uno de estos niveles se desarrollan plataformas comunicadas verticalmente con ascensores, escaleras fijas y mecánicas, que aseguren la correcta accesibilidad para el público en general, funcionarios, operarios y personas con movilidad reducida (PMR).

**Zonas técnicas:** Se definen áreas de servicios y cuartos técnicos que brindan el espacio requerido para las solicitudes de redes secas (subestaciones eléctricas, cuartos de control, cuartos de telecomunicaciones, conductos de extracción de aire y demás), lo mismo que redes húmedas (bombas de presión y de extracción de agua, tanques de almacenamiento, conducción de aguas subterráneas, etc.).

**Sistemas de excavación:** teniendo en cuenta que la profundidad de excavación solicitada genera la necesidad de sistemas especializados, dentro de las diversas posibilidades se define utilizar el sistema “Cut&Cover” que permite llegar a la profundidad máxima requerida sin necesidad de usar anclajes (provisionales o definitivos), pues se establece a partir de las recomendaciones del componente estructural y de geotecnia, que el uso de los mismos conlleva el riesgo de afectaciones en la cimentación de construcciones vecinas y la dificultad en la consecución de las licencias requeridas con la curaduría o la Secretaría de Planeación Distrital.

**Paso de redes superficiales:** se define que la losa superior esté a 0.70 metros por debajo del nivel acabado exterior en cada una de las estaciones, con el fin de facilitar el paso de algunas redes superficiales de servicios. Al respecto cabe anotar que la altura libre prevista para el nivel –1 es de 4.12 metros libres (descontando posibles vigas colgadas del techo de ese nivel), de modo que incluso podrían involucrarse en el techo de este nivel algunas de dichas redes, con el fin de evitar labores de traslado o cambio de trazados que generen sobrecostos innecesarios.

**Refuerzos laterales:** en caso de encontrar tubería de la red matriz o colectores de alta presión de agua, se deberán ejecutar refuerzos laterales para prever posibles

deformaciones ocasionadas por la construcción de las estaciones y su afectación en los terrenos adyacentes.

**Predimensionamiento estructural general:** las pantallas perimetrales en concreto se definen de anchos variables, desde 1.20 metros para suelos blandos, 0.85 para menores profundidades (3 sótanos) o incluso de 0.45 metros en caso de túneles de hasta 8 metros de profundidad. El arriostramiento horizontal se realizará con losas interiores con vigas descolgadas, previendo una altura total de ambos elementos estructurales de hasta 2.00 metros.

**Muros de limpieza:** Al interior de las estaciones se prevén muros de limpieza en las zonas de acceso al público, con el fin de asegurar la conducción de posibles filtraciones de acuíferos subterráneos, dada la presencia de un alto nivel freático en algunas zonas donde se localizan de las estaciones. Estos elementos presentarán rejillas de ventilación y de mantenimiento de las canales posteriores que conducirán el agua a los pozos de bombeo. Se prevé la existencia de galerías de recolección de estos acuíferos en el trasdós de las pantallas, para disminuir la presencia de dichas posibles filtraciones.

**Recomendaciones estructurales:** a partir de las recomendaciones del equipo del componente de estructuras y geotecnia, para avanzar el túnel se debe reforzar el portal o entrada con pilotes hincados desde una plataforma localizada en el nivel superior. Las excavaciones en las estaciones que no permitan el trabajo desde la cota superior (debido a la presencia de redes de servicios o de construcciones existentes) se realizará a través del sistema del “método alemán” que asegura una adecuada rigidez y disminuye de manera importante los riesgos de asentamientos en los terrenos adyacentes a las excavaciones. Las especificaciones de este sistema se encuentran debidamente definidas en los componentes correspondientes del presente estudio de prefactibilidad.

**Plataforma de abordaje:** con el fin de facilitar el intercambio de trenes a nivel de la plataforma de abordaje, se propone una central que garantice el nivel de servicio requerido. A partir de las estaciones aprobadas para el sistema de la Primera Línea del Metro de Bogotá y tomando en cuenta las estaciones que tienen dicho andén central en las plataformas de abordaje, se estableció un nivel de servicio estándar de 4 personas/m<sup>2</sup>. La plataforma tiene unas dimensiones de 150.00 m de largo por 12.80 metros de ancho, lo que arroja un área total de 1.920.00 m<sup>2</sup>. Descontando la totalidad del área ocupada por las escaleras y los ascensores (287.16 m<sup>2</sup>), el área libre final de cada plataforma es de 1632.84 m<sup>2</sup>. Multiplicando esta área por el área del nivel de servicio (4 personas/m<sup>2</sup>), la plataforma tendrá una capacidad teórica total de 6.531 personas. Teniendo en cuenta que un viaje completo del convoy del metro se prevé que transporte un máximo de 1800 personas/viaje, y suponiendo una simultaneidad de 3 (2 viajes descargando al tiempo y 1 más en espera a subir), la plataforma podría tener el tráfico simultáneo de un total de 5.400 personas, es decir 1.131 personas menos de su capacidad teórica total. De allí se concluye que la plataforma central de abordaje cumple con los requerimientos de uso solicitados.



Para el caso de la estación 1 “Santa Fe” y en vista de que es la estación de finalización, se adopta el sistema de plataforma de abordaje con andenes laterales, teniendo en cuenta, además, que allí se prevé una tercera línea férrea de sobre recorrido. Las características de esta estación se analizarán de manera individual en la descripción correspondiente.

## 5.2. Cut & cover

Este es un tipo de excavación que consiste en ir excavando bajo las losas de los forjados anteriormente ejecutadas, de tal modo que las pantallas o pilotes perimetrales estén arriostradas por los propios forjados de un modo secuencial.

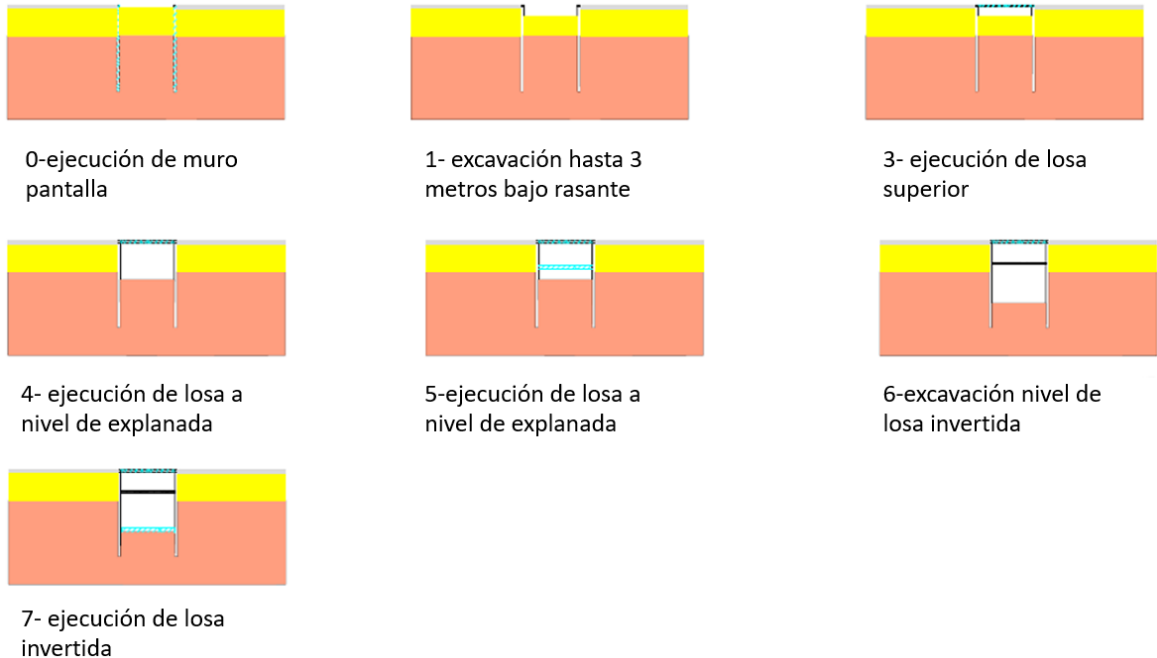
Este método es adecuado para la construcción de túneles en el interior de los entornos urbanos. Requiere poca maquinaria especializada, apenas más de la utilizada en la construcción convencional de sótanos. En la superficie, desde la calle, se ejecutan las paredes del túnel cavando una zanja que se hormigona para formar muros pantalla o una hilera de pilotes.

Estas excavaciones se realizarían en las 18 estaciones del sistema y en el portal de salida al patio taller.

**Figura 30. Cut & Cover.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

**Figura 31. Esquema de fases de ejecución de estaciones.**

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Quando las paredes están terminadas se ejecuta la losa superior, que se apoya en las paredes, excavando sólo el hueco que ocupa la losa y apoyándola durante su construcción contra el terreno. Cuando la losa y las paredes están terminadas, puede reconstruirse la superficie mientras continúan los trabajos en el interior del túnel. La tierra del interior del túnel no se extrae hasta esta fase, en la que como los elementos portantes del túnel están ya construidos se puede excavar con retroexcavadoras. Cuando se ha excavado hasta el nivel adecuado se ejecuta la contrabóveda, losa generalmente de hormigón que hace de suelo del túnel. Se pueden crear losas intermedias para realizar túneles de varias plantas.

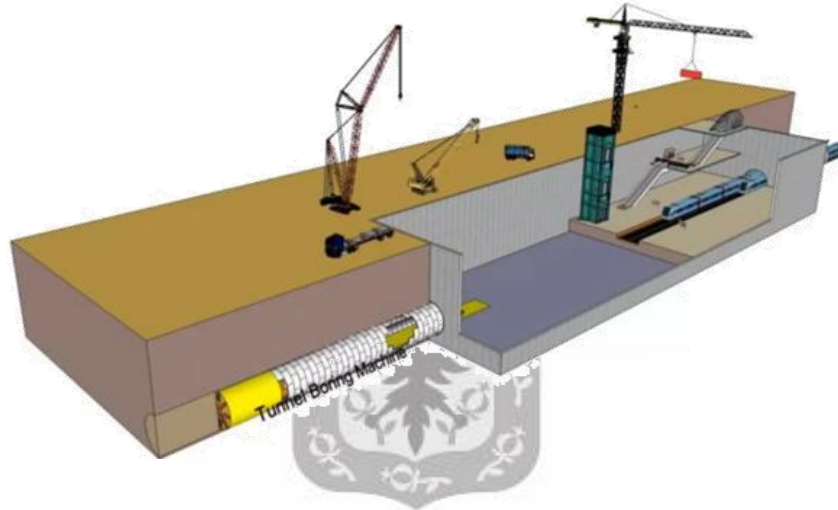
### 5.3. TBM.

Para el trazado del proyecto en cuestión se propone implementar una sección bitubo de 7 metros de diámetro separados a 7 metros, con una cobertura de suelo aproximada de 22 metros, los cuales garantizan que no se afecten las redes húmedas, ni los lechos de los ríos y/o canales por los que se atraviesa.

Para la construcción de esta sección bitubo se utilizarán tuneladoras (TBM), y debido a las características del terreno y entorno urbano, se selecciona la tuneladora de escudos a presión de tierras (Earth Pressure Balance Machines EPB) como la más adecuada. Este tipo de tuneladora compensa la presión de las tierras durante la excavación, minimizando los asentamientos en superficie.

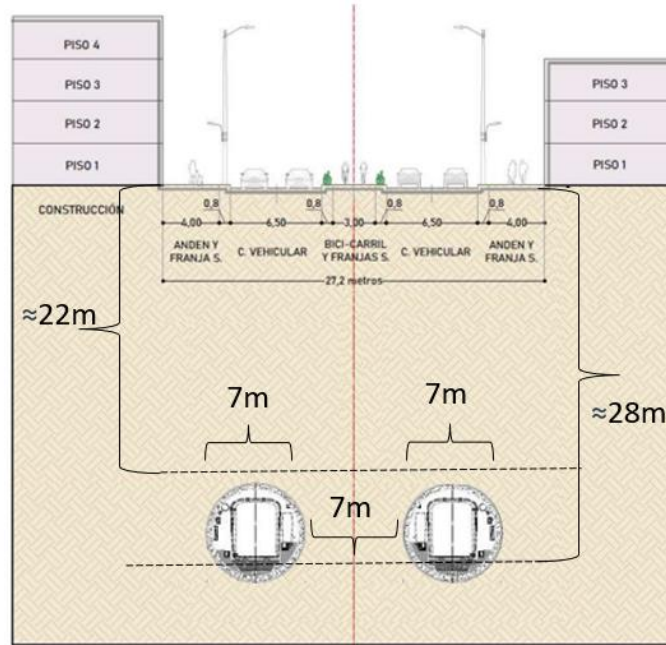
El sostenimiento definitivo del túnel se realiza mediante un revestimiento de dovelas prefabricadas. La tuneladora propuesta es adecuada tanto para perforar roca como para suelo suelto, y puede trabajar en modo EPB o en modo abierto, dependiendo de las condiciones del terreno.

**Figura 32. Proceso de excavación con tuneladora.**



Fuente: Moloney, 2016. [6]

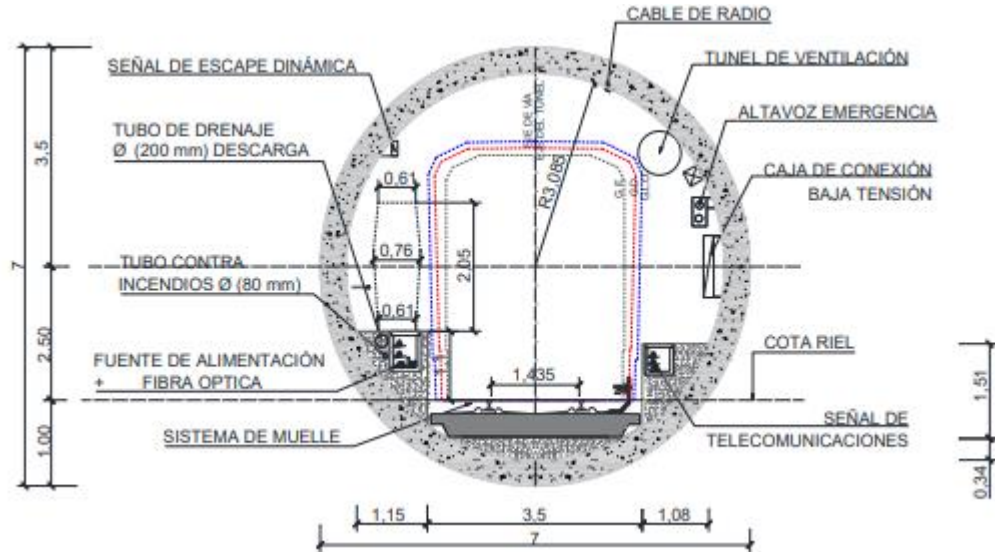
**Figura 33. Sección bitubo.**



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.



Figura 34. Sección tipo del Túnel.



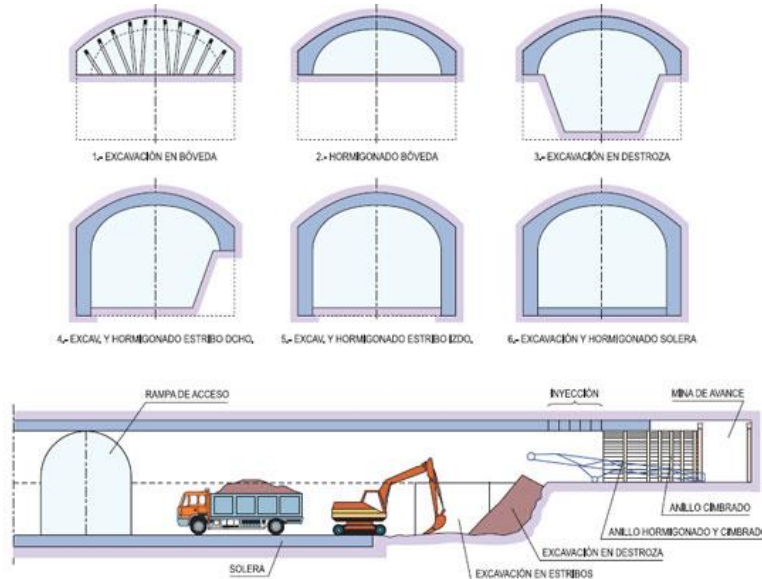
Fuente: Unión temporal EGIS-Steer Metro de Bogotá, 2021. [8]

La estructura recomendada para el sostenimiento de los rieles dentro del túnel es la vía en placa, ya que esta estructura permite velocidades de operación más altas, debido a que no se producen movimientos verticales en la vía férrea y a que la superficie de la losa proporciona una base más uniforme y estable para los rieles y por la misma razón el mantenimiento se disminuye, ya que no es necesario realizar tareas de nivelación y reposición de material granular en el balasto. Además, al no tener componentes móviles, reduce la necesidad de lubricación y ajuste de los elementos de la vía férrea

### 5.1. Excavación con método Belga.

En casos muy puntuales como los nodos de inicio y final del trazado, se necesitará hacer excavaciones convencionales, y debido al tipo de suelo, se ha recomendado implementar el método belga.

El proceso de excavación convencional consiste en la repetición de pasos de excavación y revestimiento, adaptados a las condiciones del suelo. Sin embargo, en suelos como el aluvial, que tienen un comportamiento más limitado, se deben establecer métodos específicos, como el Método Belga. Este método, también conocido como el Método Clásico de Madrid, se utiliza en la construcción de túneles de suelo con cohesión media y se distingue por su progresiva excavación de los componentes del túnel, protegiendo y fortaleciendo el frente de trabajo. La galería se construye mientras se avanza, sin poner en peligro a los trabajadores debido a posibles hundimientos del túnel, y es adecuado para túneles con una anchura máxima de 11 m. Aunque su rendimiento es limitado, este método está ampliamente comprobado en la práctica de la ingeniería civil.

**Figura 35. Esquema de ejecución de un túnel en mina por el método belga**

Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

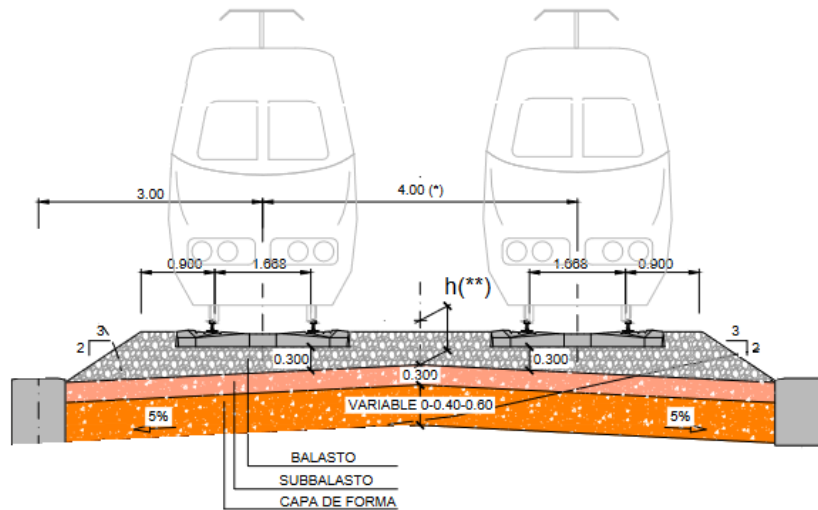
Se propone una metodología convencional de excavación para la ejecución del túnel, la cual consta de cinco fases. La primera fase es la excavación de la bóveda, seguida del hormigonado de esta. Luego se procede a la excavación y entibación de los hastiales por bataches, y posteriormente se hormigonan los hastiales. Finalmente, se realiza el destroza y hormigonado de la contra bóveda. En caso de implementar esta metodología en secciones mayores, se cambian las fases de excavación y entibación de los hastiales por bataches, realizando la excavación en pozo y el hormigonado previo a la destroza. El Método Belga es efectivo en terrenos buenos y es económico para tramos cortos, aunque requiere una gran participación de la mano de obra y turnos de trabajo de 8 horas continuas. La velocidad de avance puede variar entre 30 y 50 metros por mes dependiendo del tipo de terreno. El dimensionamiento se determinará previamente en el estudio de prefactibilidad, incluyendo la sección tipo y las distintas fases de ejecución para la finalización total del túnel.

## 5.2. Vía en Balasto.

Si bien se eligió la vía en placa como estructura de soporte de los rieles, debido a su conveniencia operativa, tanto para aumentar la velocidad y disminuir el mantenimiento dentro de los túneles, en la zona del patio taller, el balasto es una opción adecuada para disminuir los costos de construcción y debido a que las circunstancias operativas dentro del patio taller son diferentes a la operación dentro de los túneles, la vía en balasto proporciona

una mayor flexibilidad en el mantenimiento de la vía férrea, ya que es más fácil de reemplazar y reparar que una base de hormigón reforzado.

**Figura 36. Vía en Balasto**



Fuente: norma ADIF [1].

## 6. Conclusiones y recomendaciones.

El trazado propuesto logra conectar el centro de la ciudad de Bogotá con la ciudad de Soacha, a lo largo de un trazado que potencializará la zona de expansión de la localidad de Bosa y de Soacha y permitirá a los habitantes de estas zonas del sur de Bogotá, tener una opción adicional a la de movilizarse por la congestionada Autopista Sur.

Este trazado busca la conexión con otros servicios de transporte como lo son la Primera Línea del Metro de Bogotá, Regiotram de Occidente y Transmilenio, lo que permitirá a los usuarios cambiar de sistemas de manera eficiente.

A pesar de que la construcción de las estaciones implica la perforación a cielo abierto, afectando la movilidad de la ciudad en zonas muy puntuales, estas afectaciones solo serán de manera temporal, y posteriormente, cuando se recubran, se restablecerá la movilidad en superficie de la malla vial

A pesar de que el trazado propuesto, buscaba hacer el mayor uso posible de la reserva del corredor del ferrocarril del sur, dicha reserva férrea está parcialmente invadida no solo por una gran cantidad de viviendas, sino por servicios públicos como la red Tibitoc, varias líneas de energía y por varias arterias viales de gran carga vehicular, yendo en contra del artículo 3 de la ley 76 de 1920, el cual estipula que "en los terrenos contiguos a la zona de un ferrocarril no podrán ejecutarse, a una distancia de menos de veinte metros a partir del eje



de la vía, obras que perjudiquen la solidez de ésta, tales como excavaciones, represas, estanques, explotación de canteras y otras semejantes” [2].

Por dicha razón, la utilización del corredor no se puede aprovechar en superficie y únicamente se hace uso del alineamiento de manera subterránea, para no afectar la infraestructura existente en superficie.

Otro factor que influyó en el alineamiento y tipología del trazado fue el desarrollo acelerado que tiene región, ya que las constructoras están desarrollando proyectos urbanísticos de gran escala y que, además en muchos casos involucran cimentación profunda. Este desarrollo ha sido considerable en los últimos 10 años y como se muestra en la Figura 37, alrededor de 600 Hectáreas (demarcadas con una línea verde segmentada) han sido empleadas tanto para la construcción de edificaciones, como para la instalación de redes de servicios públicos.

Figura 37. Desarrollo urbano de la región.



Fuente: Consorcio Ardanuy Colombia, 2023.

Por esta razón se recomienda que se priorice la creación y protección de reservas férreas, que permitan en futuros proyectos, el mayor aprovechamiento del espacio, dado que la consolidación de los proyectos urbanos es considerablemente mucho más rápida que la consolidación de los proyectos ferroviarios. Esto ayudaría que los costos de los proyectos de futuras líneas de metro pudieran disminuir.

Por otro lado, es claro que integración con otros proyectos de movilidad debe articularse de manera óptima, para que las estaciones de intercambio faciliten las conexiones a los pasajeros y se pueda desarrollar una operación eficiente.

Sin embargo, en el proceso para la integración con las estaciones de la Primera Línea del Metro de Bogotá y con Regiotram de Occidente, no hubo ningún tipo de articulación a pesar

de que el contratista expuso el trazado presentado en este informe y la propuesta de integración con las estaciones de los otros proyectos ferroviarios.

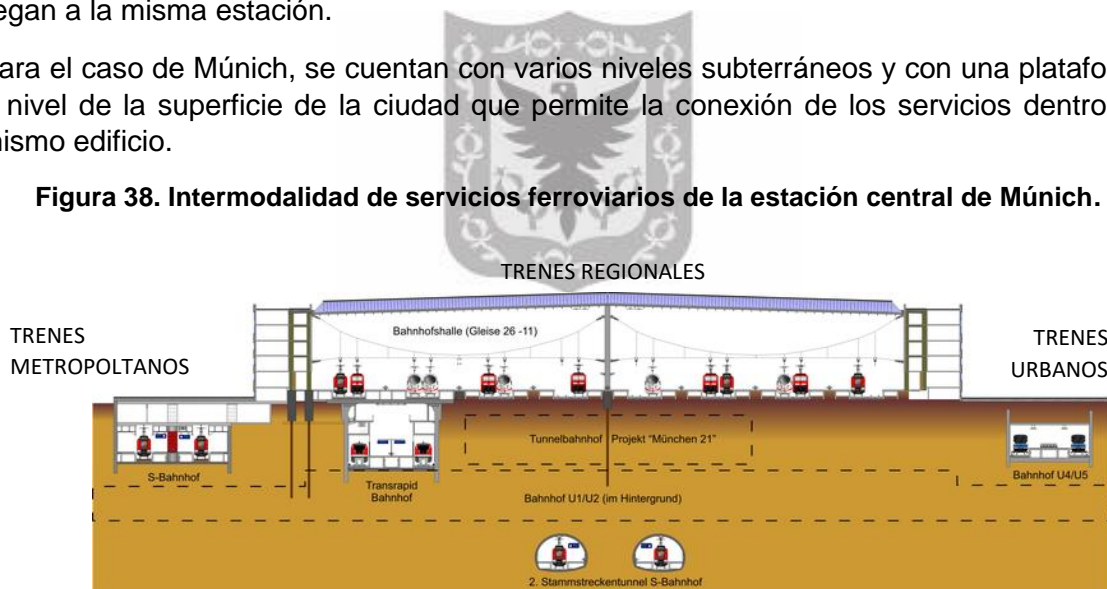
Por esta razón se recomienda que exista una entidad que se encargue de facilitar y articular la integración la infraestructura de nodos intermodales para proyectos férreos, la cual permita un acceso más eficiente de la información de los otros proyectos.

Tan solo por mostrar un par de ejemplos de integración de nodos intermodales las Figura 38 y Figura 39 muestran la distribución de las líneas de diferentes sistemas ferroviarios dentro de la estación central tanto en la ciudad de Múnich y Berlín (ciudades con una menor población que la de Bogotá, 1,46 y 3,68 millones de habitantes respectivamente).

En estas figuras se muestra que servicios de trenes regionales, metropolitanos y urbanos llegan a la misma estación.

Para el caso de Múnich, se cuentan con varios niveles subterráneos y con una plataforma a nivel de la superficie de la ciudad que permite la conexión de los servicios dentro del mismo edificio.

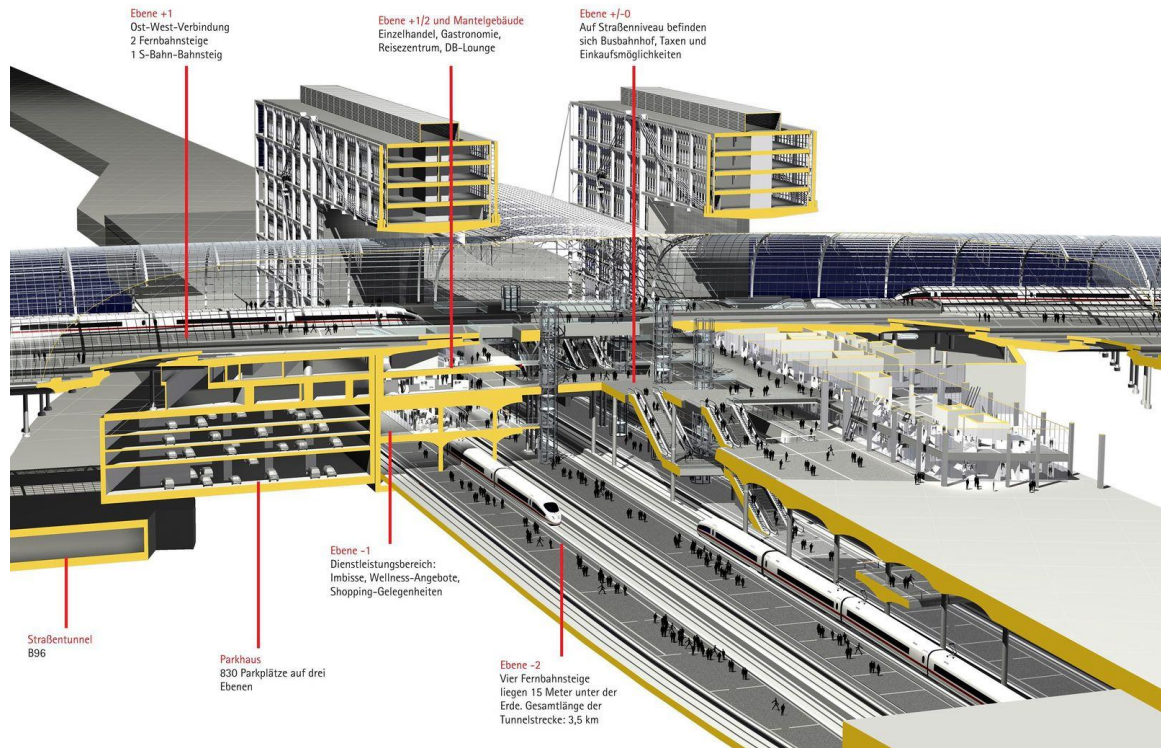
**Figura 38. Intermodalidad de servicios ferroviarios de la estación central de Múnich.**



Fuente: Vanagor, 2008. [10]

Para el caso de Berlín, la estructura es más compleja, pues allí se encuentra un edificio con varios niveles subterráneos y una plataforma elevada con múltiples líneas. En donde existe una clara articulación de la infraestructura y la oferta de diferentes sistemas ferroviarios permite.

Figura 39. Intermodalidad de servicios ferroviarios de la estación central de Berlín.



Fuente: GPM (2008) [3]

Soluciones como las que se muestran en las figuras anteriores (conservando la escala respectiva del proyecto) podrían ser propuestas con una adecuada articulación, entre diferentes entidades para para el desarrollo de la construcción del nodo intermodal.

De igual manera en el nodo de la 68 con primero de Mayo, se podría tener una propuesta más eficiente, pero debido a la gran cantidad de estructuras que se proyectan en este sector el uso de la reserva del corredor férreo del Sur queda nuevamente restringida, tanto en superficie como de manera subterránea.

Finalmente se recomienda para las siguientes etapas, profundizar los prediseños expuestos en este informe, puesto que la base del diseño fue información secundaria que seguramente presentará algunas diferencias con la información que se requiera para diseños más detalladas.



## 7. Referencias

- [1]. Administrador de Infraestructuras Ferroviarias. Adif. (2021). *Metodología para el diseño del trazado ferroviario de la norma 1-2-1.0.*  
[http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf/v0/AD79C5B4BAFF0744C125866800484108/\\$FILE/NAP%201-2-1-0\\_Metodolog%C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20del%20trazado%20ferroviario.pdf?OpenElement](http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf/v0/AD79C5B4BAFF0744C125866800484108/$FILE/NAP%201-2-1-0_Metodolog%C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20del%20trazado%20ferroviario.pdf?OpenElement).
- [2]. Congreso de la República (1920) Ley 76 Sobre Policía de Ferrocarriles  
[https://www.ani.gov.co/sites/default/files/ley\\_76\\_de\\_1920.pdf](https://www.ani.gov.co/sites/default/files/ley_76_de_1920.pdf)
- [3]. GPM(2008) HBF Berlin <https://www.gmp.de/de/projekte/463/hauptbahnhof-berlin>
- [4]. Metro de Bogotá. (2021). *Prediseño geométrico del trazado.*  
[https://www.metrodebogota.gov.co/sites/default/files/Entregable-6\\_compressed.pdf](https://www.metrodebogota.gov.co/sites/default/files/Entregable-6_compressed.pdf).
- [5]. Metro de Bogotá. (2021). *Propuesta funcional y pre-dimensionamiento de infraestructura del Patio Taller.*  
[https://www.metrodebogota.gov.co/sites/default/files/Entregable-8\\_compressed.pdf](https://www.metrodebogota.gov.co/sites/default/files/Entregable-8_compressed.pdf).
- [6]. Molonoey, D. (2016). Diagram Wall Construction-Sequence, Plant & Methods.  
<https://www.slideshare.net/DavidHMoloney/construction-methods-sequence>
- [7]. Municipio de Soacha. (2000). *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Soacha:*  
<https://sigsoacha15.maps.arcgis.com/apps/instant/basic/index.html?appid=dd591952708141d38c5323bdeebe069b>.
- [8]. Unión Temporal Egis-Steer Metro de Bogotá, (2021). *Producto 4 – Estudios y diseños de pre-factibilidad | Entregable 6 – Pre diseño geométrico del trazado | Definición estructura Metro ferroviarias:*  
[https://www.metrodebogota.gov.co/sites/default/files/Entregable-6\\_compressed.pdf](https://www.metrodebogota.gov.co/sites/default/files/Entregable-6_compressed.pdf).
- [9]. Vargas J,P (2022). *Concentración de trabajadores no es proporcional respecto a las zonas de residencia.* La Republica.  
<https://www.larepublica.co/economia/concentracion-de-trabajadores-no-es-proporcional-respecto-a-las-zonas-de-residencia-3453320>
- [10]. Vanagor (2008) *Querschnitt HBF München*  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e5/HBF\\_M%C3%BCnchen\\_Zukunft.png/1920px-HBF\\_M%C3%BCnchen\\_Zukunft.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e5/HBF_M%C3%BCnchen_Zukunft.png/1920px-HBF_M%C3%BCnchen_Zukunft.png)
- [11]. Zhao, B. (2020). *Structural integrity assessment of shield tunnel crossing of a Railway Bridge using orthogonal experimental design.*  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350630719313998?via%3Dihub>.