



**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.”**

**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**
CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 1860 DE 2021
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

**INFORME 3: CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO
PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA**

VERSION 2

BOGOTÁ, 2022 – OCTUBRE 10

CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO

CONTROL DE VERSIONES

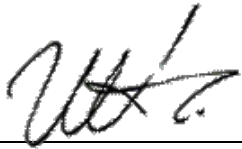


Versión	Fecha	Descripción de la Modificación	Folios
Versión 0	05/09/2022	Emisión Inicial	11
Versión 1	23/09/2022	Ajuste por observaciones interventoría	25
Versión 2	10/10/2022	Ajuste por observaciones interventoría	23
Ruta almacenamiento			
Y:\P1674 Regiotram SUR diseños\9.Trabajo\1.Tecnico\ Informe 3. Caracterización y Diagnóstico\V2			

EMPRESA CONTRATISTA

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
		
		
Ing. Martín Amortegui Garzón Ingeniero Costos y Presupuestos	 Ing. Carlos Urdaneta Coordinador de Consultoría	Ing. Oscar Rico Director de Consultoría
María del Pilar Ortiz Ingeniero Especificaciones Técnicas-Programación	ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. MOVILIDAD	

Instituto de Desarrollo Urbano

EMPRESA INTERVENTORA

REVISADO POR:	AVALADO POR:	APROBADO POR:
		
William Álzate Hernández Ingeniero Costos y Presupuestos	Ing. Diotima Preciado Coordinador de Interventoría	Ing. Abraham Palacios Director de Interventoría
Ingeniero Especificaciones Técnicas-Programación		

--	--	--

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
1. OBJETIVOS	6
1.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	7
3. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN	7
4. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	11
4.1. ALCANCE	11
4.2. DESARROLLO	12
4.2.1. Costos por Consumo de Energía	12
4.2.2. Personal de Operaciones.....	15
4.2.3. Personal de Mantenimiento.....	17
4.2.4. Personal de Dirección y Administrativo	18
4.2.5. Costos de Mantenimiento.....	20
4.2.6. Costos por Km de recorrido	22

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización general alternativas del Proyecto. Fuente Elaboración propia...	7
Ilustración 1 Organigrama de Personal de Operaciones ALTERNATIVA 7	16
Ilustración 2 Organigrama de Personal de Mantenimiento ALTERNATIVA 7	17
Ilustración 3 Organigrama de Personal de Dirección ALTERNATIVA 7	18
Ilustración 4 Organigrama de Personal Administrativo ALTERNATIVA 7	19

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Costos de energía por km de recorrido por tren	14
Tabla 2 Costos de Consumo de Energía Anual por Alternativa	14
Tabla 3 Remuneración Estimada Anual del Personal de Operaciones	16
Tabla 4 Remuneración Estimada Anual para el Personal de Mantenimiento.....	18
Tabla 5 Remuneración Estimada Anual de Personal de Dirección	19
Tabla 6 Remuneración Estimada Anual de Personal Administrativo	20
Tabla 7 Costo Total en Personal Anual por Alternativa	20
Tabla 8 Costos de Mantenimiento Anual por Alternativa	21
Tabla 9 Tiempos y porcentajes para la Reinversión.....	22
Tabla 10 Costo Total de Operación y Mantenimiento por Km por Alternativa	22

INTRODUCCIÓN

Este documento contiene el desarrollo de la Etapa 3 del contrato para el proyecto que tiene como objeto “ELABORAR 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”, cumpliendo así con el entregable correspondiente, que según el documento de Capítulos técnicos, indica: “Estimación de costos de las diferentes alternativas para su comparación”

Como referencia básica para el desarrollo del presente informe se toma lo expuesto en los Capítulos técnicos y en el documento de Entregable 2 – Evaluación multicriterio de alternativas, desarrollado dentro del marco del contrato de los Estudios de Prefactibilidad de la Segunda Línea del Metro de Bogotá.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

El CONSULTOR se obliga con el IDU a “ELABORAR 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”, comprometiéndose a realizar por su cuenta y riesgo, todas las actividades necesarias para cumplir con las obligaciones derivadas del Contrato 1860-2021, de acuerdo con las mejores prácticas técnicas y administrativas.

Para el componente referente a este documento, se debe efectuar la estimación de costos de las diferentes alternativas para su comparación, dicha información será utilizada dentro del documento de matriz multicriterio.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A partir de las propuestas de predimensionamientos de las diferentes disciplinas, estimación del costo de cada alternativa, con base en indicadores o índices o precios de referencia de proyectos en todo caso deberá indicar la fuente de información utilizada.
- Realizar un cálculo estimado de los Costos de Operación y Mantenimiento para cada una de las Alternativas en evaluación para el Corredor Férreo del Sur.
- Definir un alcance a nivel de prefactibilidad de la estimación de costos a calcular para todas las alternativas.

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:

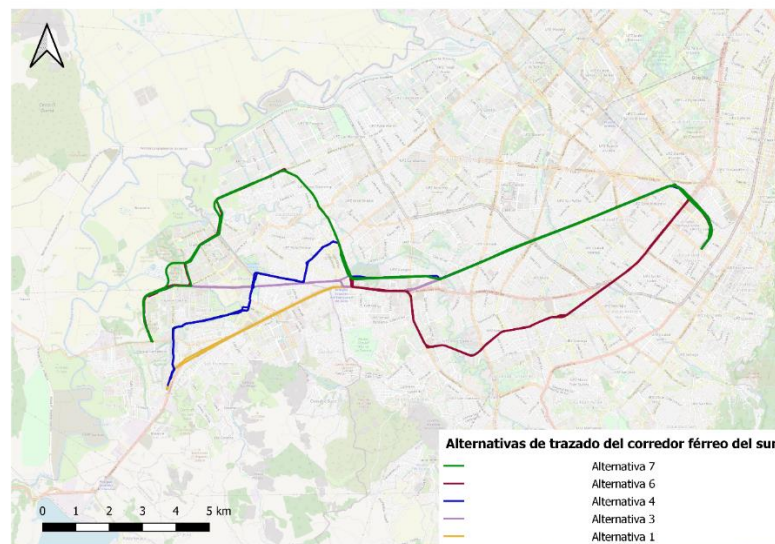


Ilustración 1. Localización general alternativas del Proyecto. Fuente Elaboración propia.

3. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN

Al ser esta una etapa anterior al inicio de los estudios de prefactibilidad, la estructuración del CAPEX se realizó usando el método de valoración por índices de precios, e incorporando porcentajes de incertidumbre debido al nivel actual de estudio de la consultoría. Los porcentajes de incertidumbre utilizados fueron los siguientes: 10% para Material Rodante y Sistema Metroferroviario, y 20% para el resto de componentes (obras

civiles, predios); de lo anterior, se obtendrá el valor de referencia para estimar el nodo de terminación del contrato, estos valores de incertidumbre fueron tomados del documento de Matriz Multicriterio de los Estudios de Prefactibilidad de la Segunda Línea del Metro de Bogotá.

Los costos directos se establecieron tomando como referencia proyectos similares, principalmente los valores indicados en el documento de E2 - DEBIDA DILIGENCIA TÉCNICA – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0001 _VF, que hace parte de la Estructuración de la Segunda Línea del Metro de Bogotá, así mismo también se consideraron los costos del proyecto de Regiotram de Occidente.

Es importante resaltar que en la siguiente etapa, correspondiente a los Estudios y diseños a nivel de prefactibilidad, cuando el nivel de detalle aumente, se tendrá en cuenta nuevamente el estudio de factibilidad de la PLMB T-1, que permite un mayor detalle.

Para efectos del CAPEX, se tomaron como referencia las siguientes tipologías de línea por alternativa:

- Elevada 2do nivel
- Elevada 3er nivel
- Subterránea
- A nivel

Vale la pena aclarar que se hace la diferenciación entre elevada 2do nivel y 3er nivel, considerando que para las alternativas 6 y 6A se tiene un viaducto de 2000 m, que en esta etapa se está considerando por encima del intercambiador de Transmilenio de la Calle 6ta con NQS, además en los tramos subterráneos se estimó el costo por kilómetro tuneladora TBM.

En el caso de las estaciones, se toman también costos diferenciales para estaciones subterráneas, elevadas y a nivel.

Para el material rodante, fue calculado un número de trenes usando simulaciones de tráfico preliminares, con el uso de la herramienta Rail Traffic, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Alternativa	Cantidad de trenes
1 – Tren Ligero	30
3 – Tren Ligero	32
4 – Tren Ligero	37
6 – Tren Ligero	32
6A – Metro Pesado	46
7 – Metro Pesado	37

Así mismo, se debe considerar que el material rodante usado es tipo tren ligero para las alternativas 1,3,4 y 6 y metro pesado para las alternativas 6A y 7, estos costos también fueron determinados según los proyectos de Regiotram de Occidente, y la segunda línea del metro de Bogotá.

En cuanto a la interferencia con redes, se toman los resultados desarrollados por los componentes de redes secas y redes húmedas, y se aplican costos unitarios, haciendo uso de la experiencia de la consultoría en proyectos similares.

Los costos prediales fueron tomados del documento de 2. CAC-SGC-GPR-ING.CYD-1-v.0 Predial, donde fueron calculados el total de predios afectados y su costo total por cada alternativa.

Respecto a los costos adicionales, se tomaron % de acuerdo a lo indicado en el documento de Debida diligencia de la Estructuración integral de la Segunda Línea del metro de Bogota, que se calculan a partir del valor de los Costos directos:

- Estudios y Diseños: 4%
- Topografía, estudio catastral, estudios geotécnicos, relevamientos de tráfico: 3%
- Manejo ambiental y social: 2.5%
- Asistencia técnica en fase de licitación, de diseño y de obra: 0.75%
- Interventoría de obra: 2.5%
- Auscultación: 0.5%
- Asistencia técnica a la operación: 1%

En el Anexo 1, se muestran las cantidades de cada una de las alternativas y los precios de referencia de cada ítem.

Los resultados a nivel de capítulos para cada una de las alternativas se pueden ver en la siguiente tabla, se podrá observar que se incluyó un costo relacionado en el capítulo de Obras de estructuras afectadas, esto porque aunque a nivel de diseño geométrico, el trazado preliminar que fue desarrollado en esta etapa intenta no afectar las estructuras existentes, por alcance del componente de estructuras se debía incluir un costo, considerando incluso mantenimientos menores o mayores en las estructuras que tienen interferencia con el trazado.

DESCRIPCIÓN	UN.	CANT.	ALT 1	ALT3	ALT4	ALT6	ALT6A	ALT7
			VR. PARCIAL (MILLONES COP)	VR. PARCIAL (MILLONES COP)	VR. PARCIAL (MILLONES COP)	VR. PARCIAL (MILLONES COP)	VR. PARCIAL (MILLONES COP)	VR. PARCIAL (MILLONES COP)
LÍNEA (PARTE CIVIL)			\$ 2,010,152	\$ 1,869,467	\$ 2,457,750	\$ 2,160,416	\$ 3,080,618	\$ 2,739,779
OBRAS DE ESTRUCTURAS AFECTADAS			\$ 94,955	\$ 27,822	\$ 3,852	\$ 102,158	\$ 102,158	\$ 4,454
CENTRO DE CONTROL OPERACIONAL (CCO)			\$ 67,756	\$ 67,756	\$ 67,756	\$ 67,756	\$ 67,756	\$ 67,756
URBANISMO Y PAISAJISMO			\$ 943,625	\$ 800,128	\$ 746,317	\$ 975,851	\$ 975,851	\$ 1,009,428
DESVÍO DE REDES			\$ 498,166	\$ 609,296	\$ 561,292	\$ 776,609	\$ 776,609	\$ 632,301
DESVÍOS DE TRÁFICO (PMT)			\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
ESTACIONES			\$ 1,159,099	\$ 1,209,662	\$ 1,556,471	\$ 786,214	\$ 794,664	\$ 1,679,493
TALLERES Y COCHERAS			\$ 134,387	\$ 143,346	\$ 165,744	\$ 143,346	\$ 826,845	\$ 665,071
ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA			\$ 307,807	\$ 328,648	\$ 354,299	\$ 436,060	\$ 436,060	\$ 392,775
SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRENES			\$ 230,127	\$ 245,709	\$ 264,886	\$ 326,014	\$ 326,014	\$ 293,652
INSTALACIONES Y EQUIPOS PARA EL TÚNEL			\$ 16,603	\$ 12,426	\$ 25,190	\$ 4,206	\$ 4,206	\$ 25,190
PUERTAS DE ANDÉN			\$ 216,434	\$ 216,434	\$ 216,434	\$ 216,434	\$ 216,434	\$ 216,434
COMUNICACIONES			\$ 76,226	\$ 76,226	\$ 85,474	\$ 99,740	\$ 103,873	\$ 93,329
SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA			\$ 99,424	\$ 106,155	\$ 114,441	\$ 140,850	\$ 140,850	\$ 126,869
MATERIAL RODANTE			\$ 1,008,000	\$ 1,075,200	\$ 1,243,200	\$ 1,075,200	\$ 2,631,154	\$ 2,116,363
COSTOS DIRECTO SISTEMA FERROVIARIO			\$ 1,819,776	\$ 1,936,886	\$ 2,181,359	\$ 2,148,117	\$ 4,391,702	\$ 3,628,947
COSTO RESTO			\$ 5,038,457	\$ 4,851,391	\$ 5,681,747	\$ 5,523,460	\$ 6,644,499	\$ 6,794,670
TOTAL COSTO DIRECTO			\$ 6,862,761	\$ 6,788,277	\$ 7,863,107	\$ 7,310,854	\$ 10,483,092	\$ 10,062,894
TOTAL COSTOS DIRECTOS + A.I.U. + IVA S/UTILIDAD (A)			\$ 8,520,894	\$ 8,427,196	\$ 9,764,635	\$ 9,525,794	\$ 13,638,572	\$ 12,907,489
GASTOS ADICIONALES			\$ 1,316,415	\$ 1,306,042	\$ 1,519,484	\$ 1,479,789	\$ 2,107,049	\$ 1,999,534
FACTOR INCERTIDUMBRE SIST FERR	10%		\$ 181,978	\$ 193,689	\$ 218,136	\$ 214,812	\$ 439,170	\$ 362,895
FACTOR INCERTIDUMBRE RESTO	20%		\$ 1,007,691	\$ 970,278	\$ 1,136,349	\$ 1,104,692	\$ 1,328,900	\$ 1,358,934
			\$ 11,026,979	\$ 10,897,205	\$ 12,638,605	\$ 12,325,086	\$ 17,513,691	\$ 16,628,852

4. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Este documento define los procedimientos utilizados para dar cumplimiento con la estimación de costos de Operación y Mantenimiento (OPEX) a nivel de prefactibilidad para cada una de las alternativas, información que será utilizada como uno de los elementos de importancia para la selección de la alternativa más adecuada para el Corredor Férreo de Sur.

Como insumos fundamentales se tienen los resultados de estudios de demanda, la caracterización técnica de la disciplina de Diseño Geométrico Férreo y los resultados simulaciones de software con tránsito de trenes por alternativa. Con estos valores es posible alcanzar una visión más clara de las necesidades operativas en cuanto a cantidad de personal, costos de energía, costos de mantenimiento, entre otros que serán definidos en el desarrollo.

Los valores aquí presentados se realizan con una visión en el horizonte temporal de treinta (30) años, siendo el año número uno (1) el año en curso, dos mil veintidós (2022) aplicándose valores reales que pueden compararse en la actualidad con la experiencia del sector ferroviario en el país y en Latinoamérica.

4.1. ALCANCE

Los costos de explotación (operación y mantenimiento) están representados en personal, consumo eléctrico, mantenimiento y remplazo de elementos de vía, del material rodante y equipamientos fijos en estación y a lo largo de la infraestructura lineal de transporte.

En el caso de evaluación de alternativas con túnel, el consumo eléctrico será considerado mayor en comparación a alternativas a nivel o elevadas, debido a que deben funcionar con sistemas de ventilación a gran escala, sistemas contra incendios e iluminación constante, estaciones subterráneas con equipamiento de ventilación forzada, aire acondicionado y extracción de humo, entre otros elementos de importancia que influyen directamente en el costo por el incremento necesario de personal e incremento en el consumo de energía eléctrica.

Respecto a las estructuras de costos, se definen las siguientes:

- Costos de Operación:
 - Consumo de Energía
 - Personal de Operaciones
 - Personal de Mantenimiento

- Personal de Dirección
- Personal Administrativo
- Costos de Mantenimiento de la infraestructura:
 - Mantenimiento de Material Rodante
 - Mantenimiento de Infraestructura y Superestructura de vías y Catenarias
 - Mantenimiento del Sistema de Señalización y Telecomunicaciones
 - Mantenimiento de Instalaciones Fijas (Electromecánica)

4.2. DESARROLLO

El costo unitario varía dependiendo del tipo de línea, subterránea, a nivel, elevada o mixta, este costo también depende del número de vagones por tren. El cálculo del número de kilómetros recorridos por cada tren (kilometraje) toma en cuenta la longitud de cada alternativa y el intervalo de operación promedio del día (que fue calculado en el análisis de transporte en función de la demanda de cada alternativa) y es presentada en el documento CAC-SGC-GEN-TRA-01-v.0 Análisis de Transporte.

Los costos de operación y mantenimiento se calculan considerando los costos generados en un período de tiempo (en este caso, un año) distribuidos en los kilómetros recorridos por cada tren (costo por tren-kilómetro). Es decir, se realiza un cálculo del costo de operación y mantenimiento en un lapso de tiempo de un año, luego se calcula el promedio del kilometraje recorrido por tren en ese año.

4.2.1. Costos por Consumo de Energía

Para el cálculo de costos por consumo de energía, se considera principalmente el resultado obtenido de las simulaciones de tránsito de trenes con el software RailTraffic, por alternativa, debido a que este arroja el consumo total en kW/h en una circulación por tren. Este valor multiplicado por la cantidad de circulaciones durante un año, y multiplicado por el valor monetario del kW/h en Colombia actualmente, se puede obtener el valor monetario del consumo de energía de tracción y auxiliares utilizada por los trenes durante un año. Formulada de la siguiente manera:

$$C_{1A} = C_{1h} * C_{1d} * 365 \text{ días}$$

Siendo,

C_{1A} : Circulaciones en un año

C_{1h} : Circulaciones en una hora

C_{1d} : Circulaciones en un día

El valor obtenido en Circulaciones por año es multiplicado por el valor en kW/h de una sola circulación y por el valor monetario de un kW/h en Colombia actualmente.

$$CM_{1A} = C_{1A} * \frac{kW/h}{Tren_{1V}} * (\$/kW)/h$$

Siendo:

CM_{1A} : Valor monetario en Consumo de energía de un año

C_{1A} : Número de circulaciones en un año

$\frac{kW/h}{Tren_{1V}}$: Kilovatios-hora por tren en una vuelta

$(\$/kW)/h$: Valor monetario del kW/h en Colombia actualmente

Ahora bien, se desea tener mayor precisión de cálculo, obteniendo el valor monetario en consumo de energía en un kilómetro por tren. Se formula de la siguiente manera:

$$CM_{km} = \frac{[(kW/h)/Tren_{1V}]}{L_i}$$

Siendo,

CM_{km} : Costo por kilómetro de recorrido por tren

$(kW/h)/Tren_{1V}$: Kilovatios hora consumidos por un tren en una vuelta

L_i : Longitud del Corredor

Como se mencionó anteriormente, los kW/h consumidos por tren en una vuelta es un dato arrojado por el simulador de transito de trenes, donde se consideran valores reales del tipo de tren, tales como, tensión de suministro, peso por eje, curvas de aceleración y frenado, resistencia al avance, entre otros. Es de resaltar que el valor obtenido en kW/h en el simulador también considera la reutilización de la energía con frenado regenerativo. Dicho esto, se presentan resultados de consumo de energía por alternativa, considerando de mayor relevancia los cálculos realizados por kilómetro de recorrido.

Tabla 1 Costos de energía por km de recorrido por tren

DESCRIPCIÓN	Alternativa 1	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 6	Alternativa 6A	Alternativa 7
Longitud de Vuelta (km)	38,11	41	46,2	52,77	54	49
Consumo de Energía por Vuelta por tren (kW/h)	220,2	241,36	287,63	329,4	704,48	658,35
Consumo de Energía por km por tren (kW/h)	5,77801	5,9156	6,2501	6,7224	13,0459	13,4357
Costos de Consumo de Energía de Tracción por km por tren (USD)	0,930259	0,9524	1,0062	1,082	2,1003	2,163

Fuente: Elaboración propia

Para continuar con el cálculo de consumo de energía es necesario tener presente el costo de la energía que se utilizará en los principales edificios que forman parte del Corredor Férreo del Sur, estos se denominarán como Costos de Consumo de Energía en Instalaciones Fijas y Taller y será estimado en un aproximado de 5 a 6% de la energía consumida en tracción de trenes para las alternativas de Tren Ligero y entre un 2 y 3% para las alternativas de Metro Pesado. Se presentan valores resultantes del cálculo de costos de consumo de energía anual por alternativa en la siguiente tabla:

Tabla 2 Costos de Consumo de Energía Anual por Alternativa

CONSUMO DE ENERGÍA	Alternativa 1	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 6	Alternativa 6A	Alternativa 7
Costos de Consumo de Energía de Tracción	6.987.628,63	7.659.101,02	9.127.391,55	7.659.101,02	22.355.334,29	20.891.486,39
Costos Consumo de Energía Instalaciones fijas y Taller	390.000,00	438.750,00	487.500,00	438.750,00	676.954,68	588.656,25
Total, Consumo de Energía	7.377.628,63	8.097.851,02	9.614.891,55	8.097.851,02	23.032.288,97	21.480.142,64

Fuente: Elaboración propia

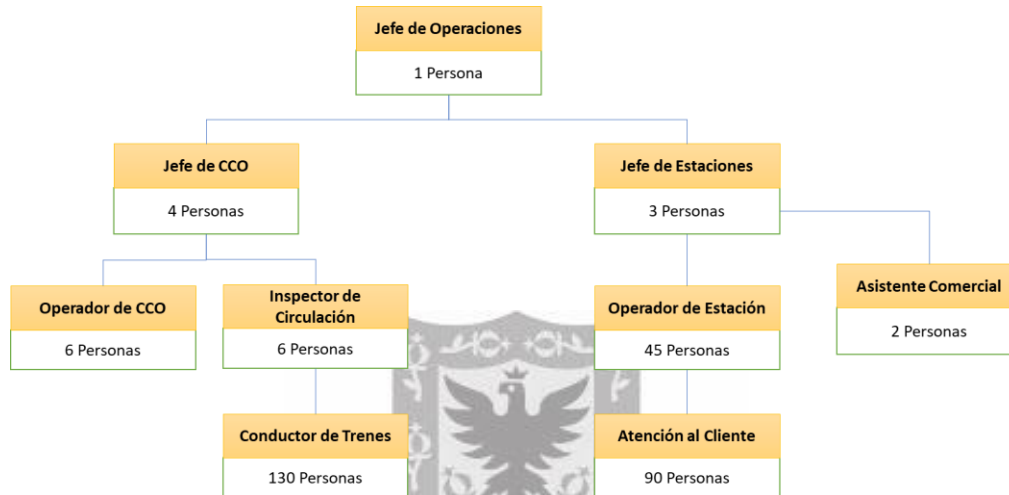
4.2.2. Personal de Operaciones

Para determinar la cantidad de personas necesarias en el departamento de operaciones, se ha realizado un organigrama por alternativa considerando los siguientes factores:

- Se prevé solo un jefe del área de Operaciones, encargado de los departamentos de Control y Estaciones.
- Para la jefatura del CCO se requieren cubrir tres turnos, de 06:00 a 14:00, de 14:00 a 22:00 y de 22:00 a 06:00. Adicionalmente se deberá disponer de un jefe de 8:00 a 16:00 que también estará disponible en las ausencias por vacaciones u otros factores.
- El Operador del CCO, será el encargado controlar el tráfico ferroviario, dando las indicaciones correspondientes a cada conductor, velando que se cumplan los horarios de salida e inserción de trenes a la línea. Se deben prever mínimo 2 personas por turno.
- EL Inspector de CCO, debe supervisar la actividad del controlador y debe estar capacitado también para el control. Debe dar garantía de cumplimiento de las normativas y estándares de calidad de servicio. Se deben prever 2 inspectores por turno.
- Conductor de Trenes, se calculan según la cantidad máxima de trenes que deben circular en la línea multiplicando este factor por tres, para cubrir tres turnos y considerando un 10% de personas más que cubrirán ausencias, vacaciones, capacitaciones, atención de patios y talleres u otros factores.
- Jefe de Estaciones, para la jefatura del departamento de Estaciones es necesario contar con tres profesionales, con la intención de cubrir zonas específicas de la línea por ejemplo (zona norte, zona central y zona sur)
- Asistente Comercial, encargado planificación de ventas, publicidad o marketing. Se estiman solo dos profesionales para cubrir este cargo.
- Operador de la Estación, encargado de garantizar el buen desempeño de los servicios en cada una de las estaciones. Capacitado también para control local del sistema en caso de entrar en modo degradado. Se considera necesario uno por estación por turno, más un porcentaje adicional del 10% para cubrir ausencias. Para a operación de estaciones será suficiente con cubrir dos turnos. EL turno nocturno no requiere necesariamente la presencia de Operadores de Estación en todas las estaciones.
- Atención al Cliente, se trata del personal que tendrá asignado la venta de títulos de transporte en cada estación. Se consideran dos por estación, dos turnos, más un 10% para cubrir ausencias, vacaciones u otros factores.

Como ejemplo se presenta el organigrama de la alternativa 7.

Ilustración 2 Organigrama de Personal de Operaciones ALTERNATIVA 7



Fuente: Elaboración Propia

Los costos de personal incluyen los sueldos y las remuneraciones (incluidas las primas, prestaciones sociales y gastos del empleador). En el cuadro a continuación se presenta el costo considerado por categoría de personal de operaciones.

Tabla 3 Remuneración Estimada Anual del Personal de Operaciones

ITEM	CARGO	SALARIO ESTIMADO, BRUTO ANUAL (\$ USD)
1	Jefe de Operaciones	45.937,40
2	Jefe de CCO	31.994,24
3	Jefe de Estaciones	22.055,10
4	Inspector de Circulación	22.055,10
5	Operador de CCO	15.971,84
6	Operador de Estación	14.055,22
7	Asistente Comercial	14.055,22
8	Conductor de Trenes	14.055,22
9	Atención al Cliente	9.583,10

Fuente: Elaboración Propia

El dimensionamiento de la planta de empleados permite una estimación global del futuro personal requerido, necesaria al cálculo del OPEX a nivel de prefactibilidad, pero puede variar según la organización y las condiciones laborales decididas por el futuro Operador.

4.2.3. Personal de Mantenimiento

El cálculo de la cantidad de personal necesario para la ejecución del mantenimiento del Corredor Férreo del Sur es realizado considerándose esencialmente las dimensiones de la línea en cada alternativa, con este dato se puede tener una visión algo clara de la capacidad a instalar por sistema.

En el caso del personal de mantenimiento de material rodante donde se tienen datos más precisos en cuanto a cantidad de trenes por alternativa, se organiza considerando todas las áreas de atención, como preventivo, correctivo, mantenimiento de boggies, aire acondicionado, energía y limpieza, entre otros.

Como ejemplo se presenta el organigrama del personal necesario para la ejecución del mantenimiento del Corredor Férreo del Sur en su Alternativa 7.

Ilustración 3 Organigrama de Personal de Mantenimiento ALTERNATIVA 7



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4 Remuneración Estimada Anual para el Personal de Mantenimiento

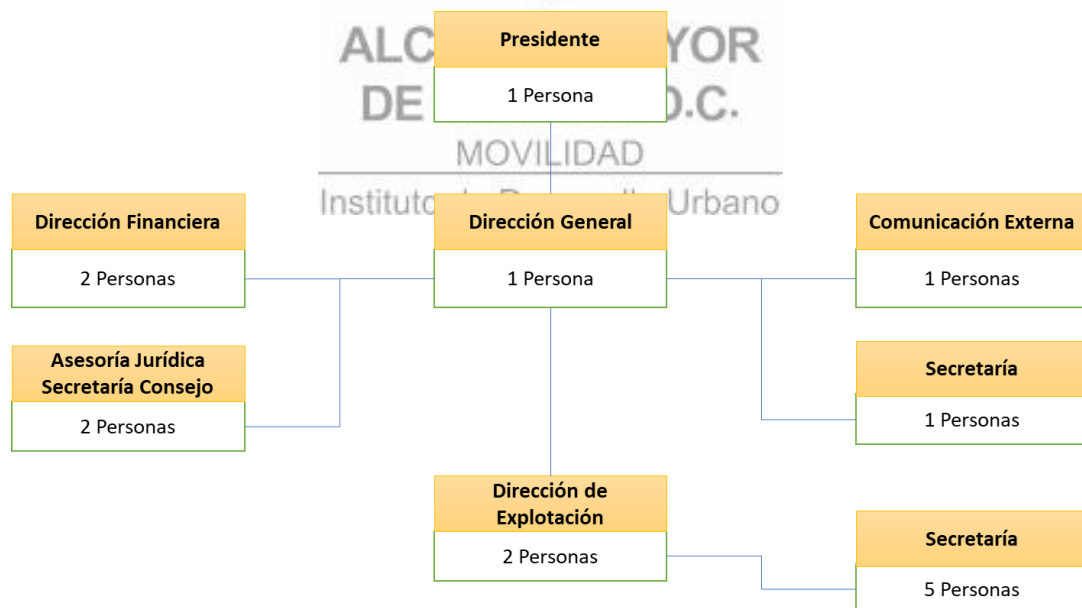
ITEM	CARGO	SALARIO ESTIMADO, BRUTO ANUAL (\$ USD)
1	Jefe de Mantenimiento	45.937,40
2	Jefe de Departamento	22.055,10
3	Supervisor de área	15.971,84
4	Técnico de Mantenimiento	14.055,22

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4. Personal de Dirección y Administrativo

Como se realiza en los casos anteriores se presenta el organigrama de personal de dirección y personal administrativo tomando como ejemplo la Alternativa 7.

Ilustración 4 Organigrama de Personal de Dirección ALTERNATIVA 7



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5 Remuneración Estimada Anual de Personal de Dirección

ITEM	CARGO	SALARIO ESTIMADO, BRUTO ANUAL (\$ USD)
1	Presidente	72.222,22
2	Director General	45.937,40
3	Director de Explotación	31.994,24
4	Financiero	22.055,10
5	Comunicación Externa	15.971,84
6	Asesor Jurídico	27.255,59
7	Administrativo (Secretaría)	9.583,10

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 5 Organigrama de Personal Administrativo ALTERNATIVA 7



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6 Remuneración Estimada Anual de Personal Administrativo

ITEM	CARGO	SALARIO ESTIMADO, BRUTO ANUAL (\$ USD)
1	Gerente Administrativo	27.255,59
2	Administración	14.055,22
3	Calidad	14.055,22
4	Recursos Humanos	15.971,84
5	Seguridad	6.022,20
6	Guardias de Seguridad	14.055,22
7	Formación	15.971,84
8	Contabilidad	15.971,84
9	Admon Personal	15.971,84
10	Recaudación	15.971,84

Fuente: Elaboración Propia

Obtenidos los datos de remuneración estimada anual de todo el personal, se presentan tablas de costos totales

Tabla 7 Costo Total en Personal Anual por Alternativa

DESCRIPCIÓN	Alternativa 1	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 6	Alternativa 6A	Alternativa 7
Personal de Operaciones	2.994.552,54	3.277.573,61	3.630.027,54	3.844.050,20	4.827.915,92	3.888.771,42
Personal de Mantenimiento	3.136.559,30	3.403.608,56	3.961.345,41	4.280.143,44	5.474.837,52	4.481.388,71
Personal de Dirección	253.768,81	263.351,91	263.351,91	272.935,01	560.885,08	354.239,94
Personal Administrativo	705.006,49	761.227,39	849.391,97	989.944,22	1.181.878,67	997.610,69
SubTotal Personal Anual (USD)	7.089.887,13	7.705.761,47	8.704.116,82	9.287.072,87	12.045.517,19	9.722.010,76

Fuente: Elaboración Propia

4.2.5. Costos de Mantenimiento

El cálculo de costos de mantenimiento se basa en los costos medios unitarios observados en otros sistemas de metro similares en Latinoamérica y Europa y ajustados para tener en

cuenta el costo relativo a la mano de obra en Colombia, que representa un 25% de los salarios observados en los países europeos.

Estos costos de mantenimiento se dividen en componentes de materiales fungibles de recambio y revisiones. Por lo tanto, la cuota relativa a la mano de obra (personal) se ha segregado del mantenimiento con el fin de reflejar las condiciones reales del mercado en Colombia, mientras el costo del material se considera similar al observado en países europeos.



Varios servicios de mantenimiento podrían subcontratarse: limpieza, mantenimiento de equipos de comunicaciones, mantenimiento de equipos electromecánicos en estaciones y túneles, mantenimiento de subestaciones de alta tensión, inspección de obra civil, etc. Sin embargo, para esta estimación preliminar se tienen en cuenta los costos globales que cubren todas las operaciones de mantenimiento en un lapso de tiempo de un año. Así, los costos de personal de mantenimiento indicados en el capítulo anterior (y ajustados a las condiciones locales) pueden corresponderse a personal de mantenimiento interno o a personal equivalente subcontratado.

Tabla 8 Costos de Mantenimiento Anual por Alternativa

DESCRIPCIÓN	Alternativa 1	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 6	Alternativa 6A	Alternativa 7
Material Rodante	10.234.300,00	11.055.780,00	12.287.081,00	11.055.780,00	18.078.204,00	14.621.651,00
Infraestructura y Superestructura de vías y catenarias	3.993.700,00	4.510.680,00	5.011.350,00	4.510.680,00	6.958.859,00	6.051.190,00
Señalización y Telecom	112.300,00	126.337,00	140.375,00	126.337,00	194.925,00	169.502,00
Instalaciones Fijas	1.435.700,00	1.615.162,00	1.794.625,00	1.615.162,00	2.492.060,00	2.167.009,00
Subtotal Mantenimiento (Anual)	15.776.000,00	17.307.959,00	19.233.431,00	17.307.959,00	27.724.048,00	23.009.352,00

Fuente: Elaboración Propia

Los costos incluidos para el mantenimiento comprenden materiales fungibles, materiales consumibles y productos de mantenimiento, piezas de repuesto y reemplazo periódico de activos con una vida útil estimada inferior a 20 años. Una vez transcurridos 20 años, se considera una planificación de rehabilitación puntual para la mayoría de componentes que forman parte de la Ingeniería Ferroviaria que puede denominarse como una reinversión para el sistema férreo que permitirá alargar la operación del sistema en el tiempo.

 <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>
--	---	---

A los costos de cálculo de inversión observados en el CAPEX se debe añadir un porcentaje de estimación por encima del valor calculado que será añadido de manera puntual a cada uno de los componentes.

En la siguiente tabla se muestra el tiempo adecuado de planificación de reinversión por rehabilitación y el porcentaje estimado por encima del valor del CAPEX que debe considerarse por componente.

Tabla 9 Tiempos y porcentajes para la Reinversión

Descripción	Tiempo para Rehabilitación	Porcentaje de Reinversión según el CAPEX
Material Rodante	20 años	15%
Infraestructura y Superestructura de vías y catenarias	20 años	20%
Señalización y Telecomunicaciones	20 años	150%
Instalaciones Fijas (Electromecánica)	30 años	120%

Fuente: Elaboración Propia



4.2.6. Costos por Km de recorrido

Los costos varían anualmente en función del mantenimiento que va en aumento y de las operaciones de mantenimiento periódicas (grandes revisiones del material rodante, de los equipos electromecánicos, reemplazo de equipos de telecomunicaciones y de aparatos de vía, etc.).

Con base en todas las hipótesis anteriores, los costos de operación por kilómetro de recorrido por tren estimados se detallan por alternativa a continuación. Las hojas de calcula utilizadas para el calculo de estos costos se encuentran en el Anexo 2.

Tabla 10 Costo Total de Operación y Mantenimiento por Km por Alternativa

DESCRIPCIÓN	Alternativa 1	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 6	Alternativa 6A	Alternativa 7
TOTAL COSTOS DE O&M (USD)	873.198.188,91	954.584.354,12	1.077.551.648,41	1.029.132.711,85	1.748.124.864,43	1.506.988.933,88
PROMEDIO ANUAL (20 AÑOS) (USD)	43.659.909,45	47.729.217,71	53.877.582,42	51.456.635,59	87.406.243,22	75.349.446,69
KM RECORRIDO ANUAL	4.978.929,41	5.205.900,05	5.775.116,28	5.399.787,81	9.122.354,91	7.152.732,55
COSTO POR KM (USD)	8,77	9,17	9,33	9,53	9,58	10,53
TASA DE CAMBIO COP/USD	4.500,00	4.500,00	4.500,00	4.500,00	4.500,00	4.500,00

 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.	 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO
---	--	---

COSTO POR KM (COP)	39.460,21	41.257,32	41.981,69	42.882,21	43.116,95	47.404,61
--------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Fuente Elaboración Propia



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