

# ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA, LEGAL Y FINANCIERA DEL CONTRATO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE QUITO

PROCESO DE SELECCIÓN DE UN SOCIO ESTRATÉGICO PÚBLICO Y CONTRATACIÓN MEDIANTE  
ALIANZA ESTRATÉGICA

DOCUMENTACIÓN INTERNA TÉCNICA.

JUNIO, 2019

VERSIÓN 04 - 190614

<b>ID</b>	<b>Cliente:</b>	<b>Doc /versión (fecha)</b>
<b>Estructuración O&amp;M PLMQ Socio estratégico Público – Alianza Estratégica Versión definitiva</b>	BID - EPMMQ	<b>Documentación Interna. Técnica V04-190614pli Versión definitiva</b>

<b>Acción</b>	<b>Fecha</b>
<b>Versión 04</b>	14/06/19
<b>Versión 03</b>	06/06/19
<b>Versión 02</b>	24/04/19
<b>Versión 01</b>	25/03/19

## Tabla de Contenido

1.	Estimaciones de demanda .....	7
2.	Análisis de la producción .....	10
2.1.	Escenario de operación.....	10
2.2.	Demanda en la línea .....	11
2.2.1.	Tipos de día considerados .....	11
2.2.2.	Distribución de intervalos por horario y tipo de día .....	11
2.3.	Cálculo de tiempos de recorrido.....	13
2.3.1.	Hipótesis de partida.....	13
2.4.	Resultados .....	15
2.4.1.	Tiempos de recorrido obtenidos.....	15
2.4.2.	Tiempos inter-parada .....	15
2.4.3.	Análisis de operación en terminales.....	16
2.4.4.	Estimación del tiempo de rotación.....	18
2.5.	Pre-dimensionamiento de la flota y estimación de la producción .....	18
2.5.1.	Gráficos de marcha .....	19
2.5.2.	Carga por tramos y períodos, según escenarios .....	22
3.	Estimación de costos .....	26
3.1.	Contenido .....	26
3.2.	Datos de producción considerados .....	28
3.3.	Clasificación de costos .....	29
3.3.1.	Costos personal .....	29
3.3.2.	Consumos.....	34
3.3.3.	Otros Gastos Operativos .....	42
3.3.4.	Mantenimiento de trenes .....	43
3.3.5.	Mantenimiento de infraestructura, vía e instalaciones.....	45
3.3.6.	Limpieza.....	48
3.3.7.	Seguros y previsión por vandalismo .....	48
3.3.8.	Costos pre-operacionales .....	50
3.4.	Costos Totales de O&M.....	52
3.5.	Costos fijos y variables.....	56
4.	Justificación de indicadores de seguimiento .....	57
4.1.	Indicadores de seguridad .....	60
4.2.	Indicadores de desempeño de la línea .....	61

4.3. Indicadores de calidad y satisfacción del usuario .....	63
4.4. Indicadores referentes al cumplimiento de la vida útil del material rodante, vía e instalaciones .....	64
4.5. Indicadores referentes a medio ambiente .....	64
4.6. Posible carencia en la negociación de KPIs .....	65
5. Puesta en valor .....	67

## Índice de Tablas

Tabla 1 Escenarios básicos de asignación .....	7
Tabla 2 Series de demanda (pax/día laboral) según escenarios .....	8
Tabla 3: Tipos de día considerados .....	11
Tabla 4: Demanda total y carga máxima por tramo horario .....	12
Tabla 5: Intervalos mínimos de operación .....	12
Tabla 6: Intervalos por hora y tipo de día.....	13
Tabla 7: Tiempos de recorrido obtenidos.....	15
Tabla 8: Tiempos inter-parada sentido Quitumbe - El Labrador .....	15
<i>Tabla 9: Tiempos inter-parada sentido El Labrador - Quitumbe .....</i>	<i>16</i>
Tabla 10: Operación en fondo de saco en ambas terminales .....	17
Tabla 11: Operación en fondo de saco en terminal "Quitumbe" y vuelta por delante en terminal "El Labrador".....	17
Tabla 12: Operación con vuelta por delante en ambos terminales.....	17
Tabla 13: Estimación tiempo de rotación .....	18
Tabla 14: Estimación de la flota y producción de la línea .....	19
Tabla 15: Datos generales de escenarios por períodos y diarios .....	22
Tabla 16: Carga en tramos. Escenario 1.....	23
Tabla 17: Carga en tramos. Escenario 2.....	24
Tabla 18: Carga en tramos. Escenario 3.....	25
Tabla 19: Estimación de flota y producción de la línea .....	28
Tabla 20: Personal de Gerencia .....	29
Tabla 21: Personal de Operación: Agentes Conductores .....	30
Tabla 22: Resto de perfiles de personal de operación .....	30
Tabla 23: Personal de mantenimiento .....	31
Tabla 24: Personal de Seguridad .....	31
Tabla 25: Categorías de personal .....	33
Tabla 26: Salarios conductores metro .....	33
Tabla 27: Costos personal (sin incluir mantenimiento) .....	34
Tabla 28: Costes kW/h en función del rango de consumo .....	35
Tabla 29: Costes anuales por energía tracción .....	36
Tabla 30: Costes energía en el Patio Taller .....	36
Tabla 31: Costes energía en el Centro de control.....	37
Tabla 32: Costes energía en el Estaciones .....	38
Tabla 33: Cargos tarifarios Quito.....	39
Tabla 34: Costes totales por energía.....	40
Tabla 35: Calculo del factor de gestión de demanda .....	41
Tabla 36: Estimación de demanda máxima.....	41
Tabla 37: Resumen de facturación anual par a2020.....	42
Tabla 38: Costos mantenimiento material rodante.....	43
Tabla 39: Costos mantenimiento infraestructura, vía e instalaciones.....	45
Tabla 40: Costes de seguros.....	49
Tabla 41: Estimación de costos O&M de la PLMQ.....	54
Tabla 42 Estimación de costos variables.....	56

## Índice de Gráficos

Gráfico 1: Primera Línea del Metro de Quito.....	10
Gráfico 2 Gráfico de simulación sentido Quitumbe -> El Labrador.....	20
Gráfico 3 Gráfico de simulación sentido El Labrador -> Quitumbe.....	21
Gráfico 4: Benchmarking costes totales operación .....	27
Gráfico 5: Sistema de distribución de energía .....	35
Gráfico 6: Benchmarking costes mantenimiento .....	44
Gráfico 7: Benchmarking costes mantenimiento .....	46
Gráfico 8: Distribución de costos O&M .....	55

## 1. Estimaciones de demanda

Al no disponer de asignaciones de demanda directas de la consultoría del modelo, desarrollada en 2018, el estructurador ha trabajado hasta la fecha con una estimación basada en información secundaria, sobre series de demanda realizada en el estudio de referencia pero que no se adaptaban al marco tarifario aprobado por la MDMQ.

Esta situación ha cambiado al obtener autorización de la EPMMQ para trabajar con el modelo de demanda y realizar asignaciones propias, ya ajustadas a las tarifas que la Secretaría de Movilidad ha considerado como base de cálculo. Estos resultados han sido aplicados en el cálculo de producción, incluido en el presente documento, y en la estimación de ingresos.

La serie de demanda utilizada es, a su vez, una combinación de asignaciones realizadas con el modelo sobre escenarios de red con y sin reordenación del SITP. No se han modificado los escenarios de red por el escaso tiempo disponible y porque la Secretaría de Movilidad está generando un nuevo escenario de reordenación, intermedio entre el denominado Escenario Barcelona y el Escenario del Estudio de Viabilidad.

La tabla siguiente indica las hipótesis y escenarios básicos asignados con el modelo:

*Tabla 1 Escenarios básicos de asignación*

<b>Base tarifaria:</b>
a. Billete metro, metroBus y convencionales, en 2020: <b>0,45</b>
b. Billete metro con transbordo desde/hacia Metrobus 2020: <b>0,70</b> (0,45 + 0,25). Si hay dos transbordos a MetroBus, se suma otro 0,25.
c. Transbordos desde los buses convencionales: <b>no están despenalizados. Cada etapa paga su billete.</b>
<b>Tarifa incrementada anualmente al IPC en términos corrientes.</b> Es decir, la tarifa que te doy es USD 2020 y se mantendría constante en todo el período, en USD ctes 2020.
<b>Escenarios a asignar (siempre con las tarifas anteriores):</b>
<b>1. Solo Metro, con puesta en servicio 2020</b>
a. Asignar 2020 y 2025
b. Con Inducción
c. No hay integración tarifaria
<b>2. Metro con integración tarifaria con MetroBus</b>
a. Asignar 2020 y 2025
b. Con inducción
c. Integración solo con Metro y MetroBus.
d. No hay reordenación de líneas
<b>3. Metro con reordenación Barcelona desde 2020</b>
a. Asignar 2020 y 2025
b. Sin inducción

<b>Base tarifaria:</b>
c. Integración tarifaria: todos los modos pagan 0,45 para una etapa y 0,25 para cada etapa adicional

A partir de estas hipótesis, se han obtenido las distintas asignaciones de los escenarios base y del escenario que se ha utilizado para el cálculo de la producción. Se incluyen en la tabla adjunta, en la que también se indica la serie estimada de manera preliminar, a partir de información secundaria.

Tabla 2 Series de demanda (pax/día laboral) según escenarios

		2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>SERIE PRELIMINAR 190204</b>		<b>252.936</b>	<b>316.005</b>	<b>381.269</b>	<b>426.656</b>	<b>473.352</b>	<b>498.615</b>
<b>NUEVA SERIE (08/03/19)</b>		<b>224.188</b>	267.730	312.267	339.282	366.584	<b>369.542</b>
<b>t.a.</b>			19,4%	16,6%	8,7%	8,0%	0,8%
<b>Escenario usado (a efecto de % en carga por tramo y pax estac</b>		Escen1	Escen2	Escen2	Escen3	Escen3	Escen3
<b>Observaciones</b>		Sol E1	mixto E1-E2	Solo E2	Mixto E2-E3	Mixto E2-E3	Solo E3
<b>Esc 1 Serie solo Metro</b>	0,73%	224.188	225.819	227.462	229.116	230.783	232.462
<b>Esc 2 Serie con integración con Metro Bus</b>	0,85%	307.039	309.642	312.267	314.915	317.585	320.278
<b>Esc 3 Serie integración con todo el Tte</b>	0,81%	354.984	357.849	360.737	363.649	366.584	369.542

Las asignaciones se han realizado para los años 2020 y 2025, interpolando los años intermedios.

La “NUEVA SERIE (08/03/19) se ha generado a partir de los escenarios básicos, de la manera siguiente:

- 2020: Esc 1. Inicio de la operación con Metro y sin integración tarifaria. Tarifa USD 0,45
- 2021: Esc 2 y Esc. 2: Se inicia el año con el Esc 1 pero se incluye el Esc 2, que implica la integración tarifaria con MetroBus Q (transbordo semi despenalizado USD 0,45 primera etapa y USD 0,25 etapas sucesivas)
- 2022: Esc 2 durante todo el año
- 2023: Se inicia el año con el Esc. 2 pero se va integrando con la reordenación de servicios y tarifaria de las rutas convencionales. Se ha utilizado la red BCN
- 2024: Prosigue la integración, manteniéndose la demanda entre el Esc 2 y el 3.
- 2025: Esc 3 durante todo el año



Como puede observarse, los resultados de este escenario son más conservadores que los estimados en el cálculo preliminar. Ello es debido a tres factores:

1. La tarifa es superior a la utilizada en la consultoría del modelo de demanda.
2. No existe despenalización completa del transbordo (integración total) sino una primera fase en la que se integra el sistema Metrobus Q y el Metro, con una despenalización parcial (tarifa de primera etapa y tarifa de etapas sucesivas)
3. Por último, cuando se da la integración plena con el sistema de rutas convencionales, la despenalización tarifaria sigue siendo parcial, similar a la de Metro con Metrobus Q.

Se indica en el apartado 2.5.2 las tablas de cargas por tramos para cada uno de los escenarios base.

## 2. Análisis de la producción

### 2.1. Escenario de operación

En base a los estudios previos realizados para la primera línea del Metro de Quito, se resumen a continuación las características generales del sistema, consideradas para el presente estudio:

- Longitud de línea: 21.8 Km
- Número de estaciones: 15
- Disponibilidad de Material Rodante máxima prevista al inicio de la explotación (primeros 3 años): 18 trenes
- Conducción automática con conductor GoA2
- Todo el trazado discurre en túnel

A continuación, se incluye un gráfico de línea, extraído de la documentación proveniente del estudio de evaluación de alternativas:

Gráfico 1: Primera Línea del Metro de Quito



## 2.2. Demanda en la línea

Es importante destacar que el periodo de operación transitorio está previsto desde el inicio de operación comercial, a mediados de 2020 hasta el fin de 2022. Dado que los datos de demanda actualizados han sido recibidos para el periodo 2020-2025, se realizará este análisis para los primeros 5 años de explotación resaltando principalmente el periodo transitorio, que terminará en 2022.

### 2.2.1. Tipos de día considerados

El sistema deberá estar operativo durante los 365 días del año, de los cuales se consideran los tipos de día y horarios siguientes:

Tabla 3: Tipos de día considerados

Días de servicio	365
Días al año laborables	250
Sábados año	52
Días al año no laborables (domingos y festivos)	63
Horario laborables y sábados	6.00 a 23.00
Horario domingos y festivos	6.00 a 20.00
Horas de servicio diarias laborable y sábados	17
Horas de servicio diarias no laborables	14

Estos horarios han sido fijados por los estudios previos realizados por EPMMQ.

### 2.2.2. Distribución de intervalos por horario y tipo de día

#### 2.2.2.1 Cálculo por demanda

De cara al cálculo de intervalos, se ha recibido una actualización del modelo de demanda para los primeros 5 años de operación. En este modelo únicamente se definen las previsiones de demanda para los días laborables, identificando únicamente 3 franjas horarias posibles:

- HPM: Hora Punta de Mañana, de una duración prevista de 2 horas y con inicio a las 6:00 y finalización a las 8:00.
- HPT: Hora Punta de la Tarde, de una duración de 3 horas con inicio a las 16:00 y finalización a las 19:00
- HV: englobando todo el resto del periodo operacional.

Es importante destacar que la consideración de inicio de hora punta al mismo tiempo que el inicio de operación es difícil de cumplir, siendo más recomendable considerar el inicio de hora punta al menos una hora después del inicio de operación. En cualquier caso, se tomarán estos datos para nuestros cálculos en términos de número de horas de duración de cada fase.

A continuación, se muestran las tablas de demanda total y carga máxima por tramo horario (viajeros totales que circulan por el tramo más cargado durante una hora en un sentido) que han servido como base para los cálculos realizados:

Tabla 4: Demanda total y carga máxima por tramo horario

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Demanda diaria (pasajeros/día)</b>	224,188	267,730	312,267	339,282	366,584	369,542
<b>Carga máxima HPM (pasajeros/hora-sentido)</b>	14,286	16,159	18,032	19,937	20,212	20,487
<b>Carga máxima HPT (pasajeros/hora-sentido)</b>	9,394	10,549	11,704	12,256	12,454	12,653
<b>Carga máxima HV (pasajeros/hora-sentido)</b>	2,840	3,216	3,592	3,954	4,083	4,212

Según estos datos de viajeros máximos por tramo-hora-sentido, obtenemos los siguientes intervalos mínimos de operación para garantizar un servicio adecuado, teniendo en cuenta la capacidad los trenes en carga máxima (AW4), correspondiente a 1259 viajeros por tren:

Tabla 5: Intervalos mínimos de operación

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Intervalo HPM (min)</b>	5.2	4.6	4.1	3.7	3.7	3.6
<b>Intervalo HPT (min)</b>	8.0	7.1	6.4	6.1	6.0	5.9
<b>Intervalo HV (min)</b>	26.6	23.4	21.0	19.1	18.5	17.9

Se puede observar que, durante el periodo de operación transitorio, no está previsto que precisemos intervalos inferiores a 4 minutos, límite por debajo del cual no se podría operar con las unidades disponibles según los cálculos que se incluyen más adelante en el presente estudio.

Es importante destacar, también, que la Hora Punta de la Tarde se ve menos demandada que la hora punta de la mañana, por lo que se podrían reducir las frecuencias en este horario con respecto al de mañana.

Por último, es de reseñar que la Hora Valle está muy poco demandada, por lo que se propondrán intervalos que busquen generar atractivo al usuario a pesar de que los trenes previsiblemente vayan poco cargados los primeros años en estas franjas horarias.

#### 2.2.2.2 Definición de intervalos por hora y tipo de día

En base a estos datos de demanda analizados y buscando la mejor relación entre la demanda y la disponibilidad y atractivo del servicio para los usuarios, se proponen los siguientes intervalos de operación para los diferentes días y franjas horarias:

Tabla 6: Intervalos por hora y tipo de día

		Hora Inicio	Hora Fin	2020	2021	2022	2023	2024	2025
LABORABLE	Intervalo en hora punta mañana (min)	6:00	8:00	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5
	Intevalo hora valle reforzada (min)	8:00	16:00	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	Intervalo en hora punta tarde (min)	16:00	19:00	8.0	7.0	6.0	6.0	6.0	5.5
	Intervalo en hora valle (min)	19:00	23:00	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
SABADOS	Intervalo en hora punta mañana (min)	6:00	8:00	8.0	7.0	6.0	6.0	6.0	5.5
	Intevalo hora valle reforzada (min)	8:00	19:00	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	Intervalo en hora valle (min)	19:00	23:00	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
NO LAB.	Intervalo en hora valle (min)	6:00	20:00	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

Cabe destacar que se ha limitado el intervalo máximo en Hora Valle a 10 minutos y se ha considerado una franja de hora valle reforzada para dar un servicio más atractivo en horas más centrales los laborables y sábados a 8 minutos.

### 2.3. Cálculo de tiempos de recorrido

Para determinar el tiempo de recorrido, es preciso definir una velocidad comercial media basada en las características y limitaciones físicas de la línea, así como en las consignas de operación en términos de confort y seguridad definidos por el socio estratégico encargado de la operación. Por este motivo se ha desarrollado una simulación de la marcha mediante la cual se va a poder determinar la velocidad que permite el trazado particular previsto para esta línea.

#### 2.3.1. Hipótesis de partida

Se incluye a continuación una descripción de los datos e hipótesis que han sido tenidos en cuenta para realizar la simulación.

##### 2.3.1.1 Datos de la línea:

- Plantas de trazado:
  - Rectas
  - Clotoides

- Curvas
- Perfiles longitudinales:
  - Rectas (longitud, pendiente)
  - Curvas parabólicas (longitud, parámetro Kv)
- Peraltes
- Zonas de maniobra
- Paradas

#### 2.3.1.2 *Datos del vehículo:*

- Longitud (m): 109.104m
- Velocidad máxima de servicio (km / h): 120 Km / h
- Aceleración máxima (m / s<sup>2</sup>): 1.25 m / s<sup>2</sup>
- deceleración máxima (m / s<sup>2</sup>): 1.30 m / s<sup>2</sup>
- Masa estática en carga máxima (AW4): 294308 Kg
- Capacidad en carga máxima (AW4): 1259 viajeros
- Curvas de tracción / frenado: Las propias del Material rodante CAF Metro Quito
- Resistencias dinámicas: Las propias del Material rodante CAF Metro Quito

#### 2.3.1.3 *Hipótesis de circulación (base para la simulación):*

- Aceleración transversal máxima de confort: 0.68 m / s<sup>2</sup>
- Aceleración de servicio (m / s<sup>2</sup>): 1.0 m / s<sup>2</sup>
- Deceleración de servicio (m / s<sup>2</sup>): 1.0 m / s<sup>2</sup>
- Velocidad máxima permitida en línea: 80 km / h
- Velocidad máxima entrada en parada: 30 km / h
- Velocidad máxima Paso por aguja en desviada: 15 km / h
- Velocidad máxima Paso por aguja en directa (punta): 30 km / h
- Velocidad máxima Paso por aguja en directa (talón): 80 km / h
- Tiempo de parada: 25s

## 2.4. Resultados

### 2.4.1. Tiempos de recorrido obtenidos

En la siguiente tabla se incluyen los resultados totales de simulación por sentido, sin tener en cuenta para la misma los tiempos de parada en terminales, pero sí los tiempos de parada en estaciones intermedias (25s por estación):

Tabla 7: Tiempos de recorrido obtenidos

Longitud (m)	21807.0
Tiempo simulación Quitumbe -> El Labrador (s)	1975.8
Tiempo simulación El Labrador -> Quitumbe (s)	1979.1

### 2.4.2. Tiempos inter-parada

Para dar una idea más clara de los resultados de simulación, se incluyen a continuación los tiempos obtenidos en cada tramo inter-parada de la línea.

#### 2.4.2.1 Sentido Quitumbe -> el labrador

Tabla 8: Tiempos inter-parada sentido Quitumbe - El Labrador

Parada Inicial	Parada Final	Inter-distancia (m)	Tiempo inter-parada (s)
Quitumbe	Moran Valverde	1969.0	147.1
Moran Valverde	Solanda	2088.0	130.4
Solanda	El Calzado	843.8	80.7
El Calzado	El Recreo	2104.9	160.5
El Recreo	La Magdalena	1833.2	125.9
La Magdalena	San Francisco	2737.7	178.4
San Francisco	La Alameda	1725.9	137.4
La Alameda	El Ejido	1015.1	90.1
El Ejido	Universidad Central	1383.8	110.2
Universidad Central	La Pradera	1084.5	97.5
La Pradera	La Carolina	906.6	77.6
La Carolina	Iñaquito	1551.9	109.1
Iñaquito	Jipijapa	1379.7	107.1
Jipijapa	El Labrador	1183.0	98.5

### 2.4.2.2 Sentido El Labrador -> Quitumbe

Tabla 9: Tiempos inter-parada sentido El Labrador - Quitumbe

Parada Inicial	Parada Final	Inter-distancia (m)	Tiempo inter-parada (s)
El Labrador	Jipijapa	1183.0	96.1
Jipijapa	Iñaquito	1379.7	107.0
Iñaquito	La Carolina	1551.9	108.1
La Carolina	La Pradera	906.6	78.9
La Pradera	Universidad Central	1084.5	98.4
Universidad Central	El Ejido	1383.8	107.8
El Ejido	La Alameda	1015.1	92.0
La Alameda	San Francisco	1725.9	138.1
San Francisco	La Magdalena	2737.7	176.6
La Magdalena	El Recreo	1833.2	125.5
El Recreo	El Calzado	2104.9	160.7
El Calzado	Solanda	843.8	80.7
Solanda	Moran Valverde	2088.0	131.8
Moran Valverde	Quitumbe	1969.0	152.2

### 2.4.2.3 Gráficos de simulación

En el apartado 2.5.1, se adjuntan los gráficos de simulación de marcha obtenidos para la simulación realizada en ambos sentidos.

### 2.4.3. Análisis de operación en terminales

Todas las consideraciones que se realizan a continuación tienen como objetivo valorar cuál es la capacidad de la línea, teniendo en cuenta que sólo se puede disponer de una flota de 18 trenes y buscando un intervalo de operación de 4 minutos, acorde a las necesidades de demanda más restrictivas del periodo de operación transitoria (año 2022).

#### 2.4.3.1 Operación en fondo de saco (media vuelta por detrás) en ambos terminales:

En este caso se han considerado 25 segundos para la descarga de viajeros y otros 25 segundos para la carga.



Tabla 10: Operación en fondo de saco en ambas terminales

Longitud (m)	21807.0
Tiempo simulación Quitumbe -> El Labrador (s)	1975.8
Tiempo simulación El Labrador -> Quitumbe (s)	1979.1
Tiempo terminales (parada+maniobra)	320
Total tiempo de rotación simulado (s)	4274.9
Total tiempo de rotación simulado (min)	71.2

En esta hipótesis, tendríamos únicamente un margen del 1% sobre el tiempo total, para poder operar con 18 trenes y un intervalo de 4 minutos.

#### 2.4.3.2 Operación en fondo de saco en el terminal "Quitumbe" y vuelta por delante en el terminal "El Labrador":

En este caso se han considerado se han considerado 25 segundos para la descarga de viajeros y otros 25 segundos para la carga en el terminal en el caso del fondo de saco y 40 segundos de tiempo de parada en el caso de vuelta por delante:

Tabla 11: Operación en fondo de saco en terminal "Quitumbe" y vuelta por delante en terminal "El Labrador"

Longitud (m)	21807.0
Tiempo simulación Quitumbe -> El Labrador (s)	1975.8
Tiempo simulación El Labrador -> Quitumbe (s)	1979.1
Tiempo terminales (parada+maniobra)	200
Total tiempo de rotación simulado (s)	4154.9
Total tiempo de rotación simulado (min)	69.2

En esta hipótesis, tendríamos únicamente un margen del 4% sobre el tiempo total, para poder operar con 18 trenes y un intervalo de 4 minutos.

#### 2.4.3.3 Operación con vuelta por delante en ambas terminales:

En este caso se han considerado se han considerado 45 segundos de tiempo de parada en ambos terminales:

Tabla 12: Operación con vuelta por delante en ambas terminales

Longitud (m)	21807.0
Tiempo simulación Quitumbe -> El Labrador (s)	1975.8
Tiempo simulación El Labrador -> Quitumbe (s)	1979.1
Tiempo terminales (parada+maniobra)	90
Total tiempo de rotación simulado (s)	4044.9
Total tiempo de rotación simulado (min)	67.4

En esta hipótesis, tendríamos únicamente un margen del 7% sobre el tiempo total, para poder operar con 18 trenes y un intervalo de 4 minutos.

#### 2.4.4. Estimación del tiempo de rotación

Se considera que la operación de la línea está muy ajustada para una flota de 18 trenes y 4 minutos de intervalo. Es importante destacar que esta flota es imprescindible para operar en un intervalo de 4 minutos en hora punta. Esto implica que no se podrá disponer de ninguna unidad de reserva ni dejar ningún tren en labores de mantenimiento durante el horario operacional en el año 2022.

En cualquier caso, los resultados de la simulación demuestran que la línea por diseño permite la operación con 18 trenes y un intervalo de 4 minutos. Como ha descrito anteriormente, este escenario de operación se plantea ya necesario al final de la fase de operación transitoria (año 2022).

Teniendo en cuenta este punto, y partiendo del hecho de que una operación con medias vueltas por delante es más compleja, la alternativa que servirá de base para el estudio es la opción de media vuelta por detrás en ambos terminales, cuyos cálculos, con los márgenes máximos aplicados para poder operar con un intervalo de operación de 4 min se incluyen a continuación:

Tabla 13: Estimación tiempo de rotación

Longitud (m)	21807.0
Tiempo simulación Quitumbe -> El Labrador (s)	1975.8
Tiempo simulación El Labrador -> Quitumbe (s)	1979.1
Porcentaje de margen de operación	1.0%
Tiempo estimado Quitumbe -> El Labrador (s)	1995.5
Tiempo estimado El Labrador -> Quitumbe (s)	1998.9
Velocidad comercial media prevista (Km/h)	39.3
Tiempo terminales (parada+maniobra)	320
Total tiempo de rotación simulado (s)	4274.9
Total tiempo de rotación estimado (s)	4314.4
Total tiempo de rotación simulado (min)	71.2
Total tiempo de rotación estimado (min)	71.9
Intervalo de operación mínimo (min)	4

## 2.5. Pre-dimensionamiento de la flota y estimación de la producción

En base al análisis realizado en apartados anteriores, se adjuntan a continuación los resultados obtenidos para la estimación de flota y producción de la línea. El dato de flota en operación HPM se refiere a la flota operando en la hora punta de la mañana, que es el dato limitante para el cálculo de la flota necesaria:

Tabla 14: Estimación de la flota y producción de la línea

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<i>Flota reserva y mantenimiento</i>	3	2	0	3	3	3
<i>Flota en operación en HPM</i>	15	16	18	21	21	21
<b>Flota total</b>	18	18	18	24	24	24
<i>Km comerciales anuales</i>	1,929,269	1,998,252	2,087,806	2,134,535	2,134,535	2,168,396
<i>Km vacío anuales (5%)</i>	96,463	99,913	104,390	106,727	106,727	108,420
<b>Km totales anuales</b>	2,025,732	2,098,164	2,192,196	2,241,262	2,241,262	2,276,816
<i>Horas comerciales anuales</i>	53,014	53,841	56,124	57,408	57,408	58,225
<i>Horas vacío anuales (5%)</i>	2,651	2,692	2,806	2,870	2,870	2,911
<b>Horas totales anuales</b>	55,664	56,533	58,930	60,278	60,278	61,136

Es importante destacar que, en el año 2022 (último año de operación transitoria), no se dispondrá de flota adicional para reserva y mantenimiento siendo necesarios los 18 trenes disponibles desde el inicio para dar servicio en operación en Hora punta de mañana. Si prolongamos este análisis a los años siguientes, la necesidad de flota adicional se incrementa en 6 unidades (teniendo en cuenta la flota de reserva y mantenimiento).

### 2.5.1. Gráficos de marcha

Se muestran, a continuación, los gráficos de marcha obtenidos como resultado de la simulación.

Gráfico 2 Gráfico de simulación sentido Quitumbe -> El Labrador

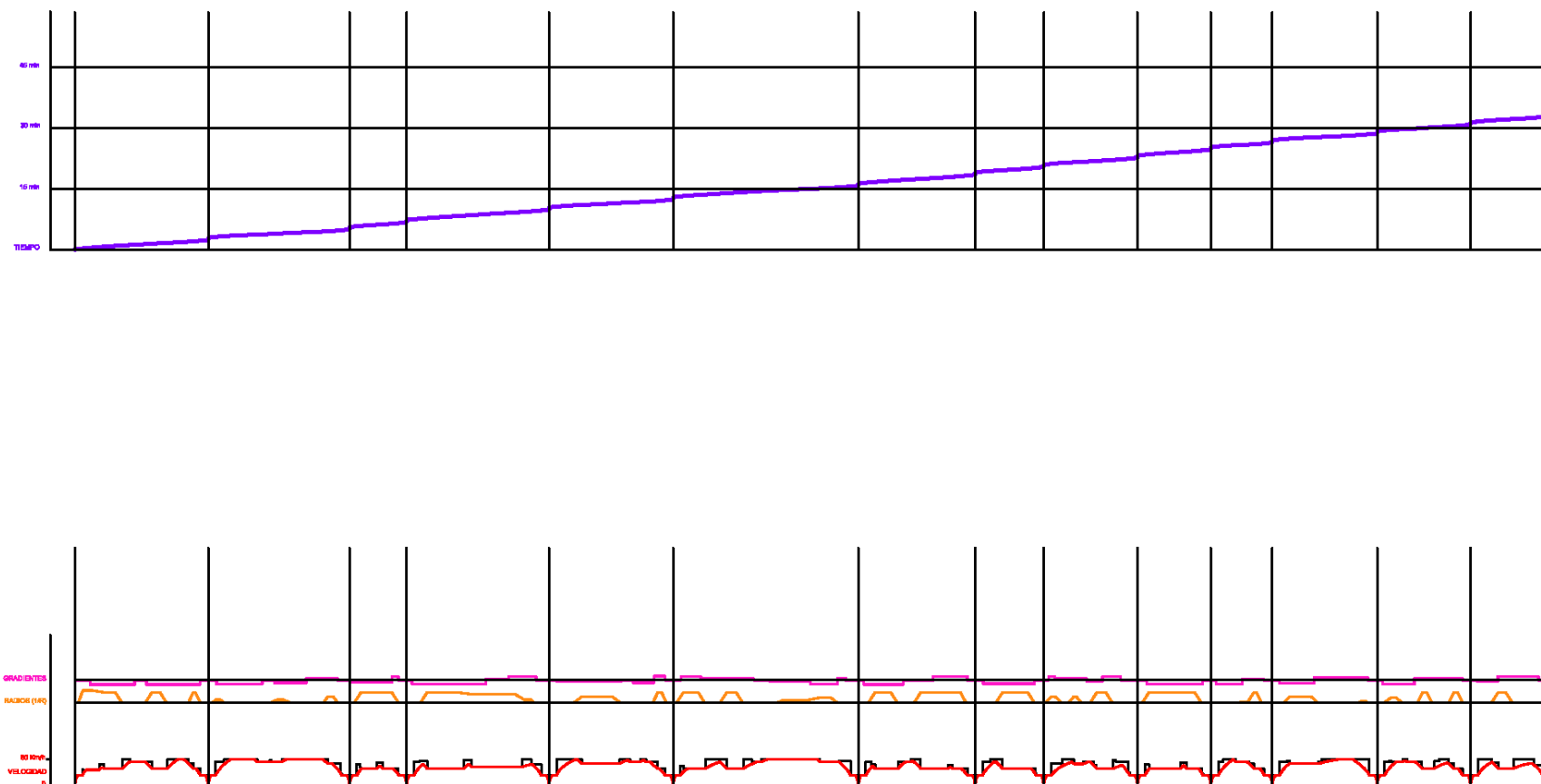
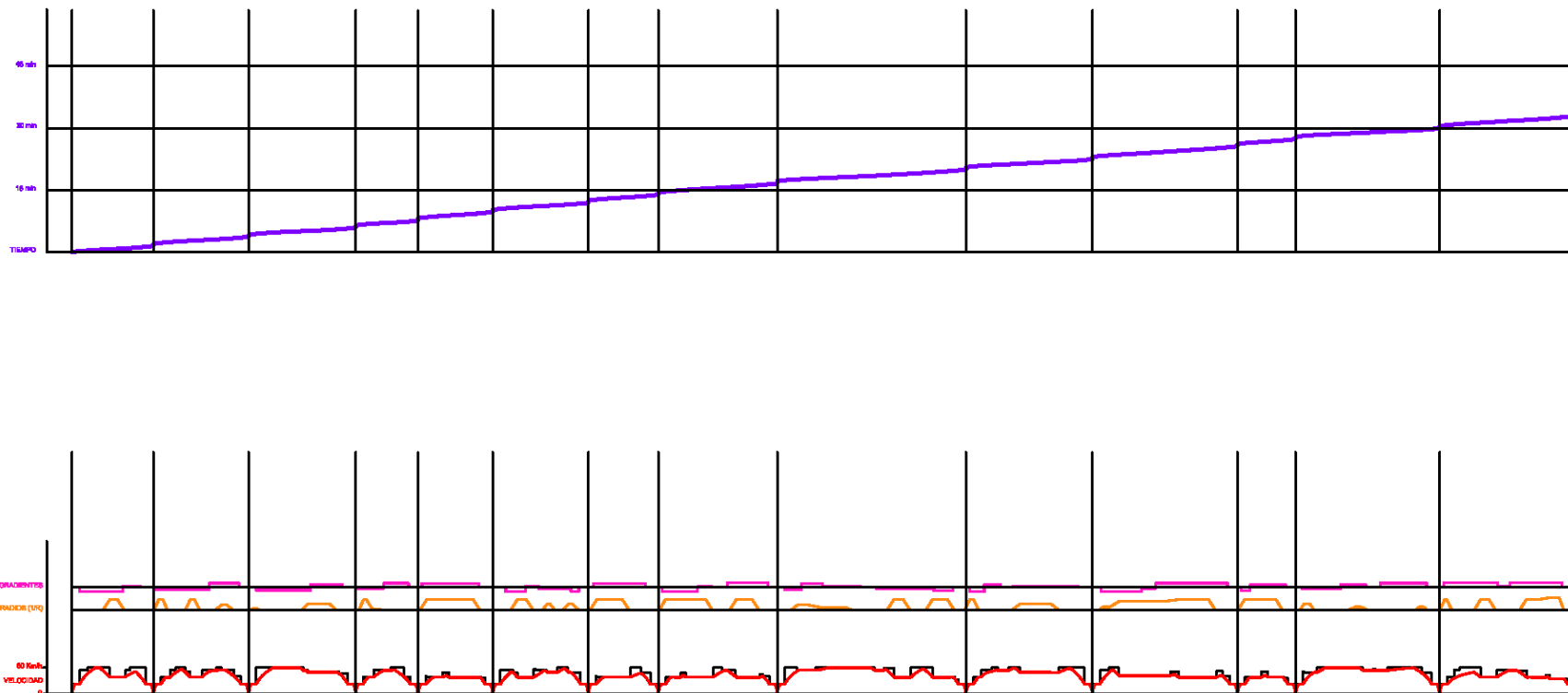


Gráfico 3 Gráfico de simulación sentido El Labrador -> Quitumbe



## 2.5.2. Carga por tramos y períodos, según escenarios

Es importante destacar, por claridad, que la carga por tramos no se refiere a una carga por vehículo. Se entiende carga por tramo-hora-sentido al número de viajeros totales que circulan por un determinado tramo a lo largo de una hora en un determinado sentido. Este dato se obtiene teniendo en cuenta los viajeros subidos y bajados en todas las estaciones precedentes (según el sentido de marcha) al tramo correspondiente.

Tabla 15: Datos generales de escenarios por períodos y diarios

Esc 1	Periodo	Modelo		fhp	Diaria Ajuste Matriz		Diaria Con inducción	
		2020	2025		2020	2025	2020	2025
Metro	AM	21.824	22.092	2	213.512	221.393	224.188	232.462
Metro	PM	17.559	17.646	3				
Metro	VA	7.416	7.835	19				
Esc 2	Periodo	2.020	2025	fhp	2020	2025	2020	2025
Metro	AM	30.356	30.796	2	292.418	305.026	307.039	320.278
Metro	PM	23.741	24.127	3				
Metro	VA	10.157	10.787	19				
Esc 3	Periodo	Modelo		fhp	Diaria		Diaria	
		2020	2025		2020	2025	2020	2025
Metro	AM	33.804	34.441	2	338.080	351.945	354.984	369.542
Metro	PM	26.628	26.736	3				
Metro	VA	12.008	12.735	19				

Tabla 16: Carga en tramos. Escenario 1

Sentido N_S	Esc1_AM_2020	Esc1_PM_2020	Esc1_VA_2020		Sentido S_N	Esc1_AM_2020	Esc1_PM_2020	Esc1_VA_2020
Tramo	Carga	Carga	Carga			Carga	Carga	Carga
Labrador-Jipijapa	1.608	1.711	557		Quitumbe-Morán Valverde	5.771	678	954
Jipijapa-Iñaquito	2.541	3.254	911		Morán Valverde-Solanda	8.535	1.462	1.662
Iñaquito-La Carolina	2.948	5.303	1.282		Solanda-El Calzado	10.353	1.647	1.938
La Carolina-La Pradera	3.271	6.779	1.608		El Calzado-El Recreo	11.645	1.863	2.157
La Pradera-Universidad	3.371	7.746	1.810		El Recreo-La Magdalena	13.330	2.166	2.537
Universidad-El Ejido	3.192	7.929	2.134		La Magdalena-San Francisco	14.286	2.711	2.735
El Ejido-La Alameda	3.241	8.590	2.355		San Francisco-La Alameda	12.876	3.687	2.840
La Alameda-San Francisco	3.182	8.643	2.453		La Alameda-El Ejido	12.375	3.571	2.693
San Francisco-La Magdalena	1.971	9.394	2.315		El Ejido-Universidad	11.324	3.481	2.432
La Magdalena-El Recreo	1.805	8.501	2.106		Universidad-La Pradera	9.092	3.068	2.051
El Recreo-El Calzado	1.655	6.954	1.762		La Pradera-La Carolina	7.869	2.937	1.854
El Calzado-Solanda	1.517	5.886	1.553		La Carolina-Iñaquito	5.735	2.443	1.380
Solanda-Morán Valverde	1.433	5.207	1.355		Iñaquito-Jipijapa	3.672	2.049	963
Morán Valverde-Quitumbe	582	3.182	858		Jipijapa-Labrador	2.105	1.189	571
Sentido N_S	Esc1_AM_2025	Esc1_PM_2025	Esc1_VA_2025		Sentido S_N	Esc1_AM_2025	Esc1_PM_2025	Esc1_VA_2025
Tramo	Carga	Carga	Carga			Carga	Carga	Carga
Labrador-Jipijapa	6.063	675	590		Quitumbe-Morán Valverde	6.063	675	1.040
Jipijapa-Iñaquito	8.925	1.473	966		Morán Valverde-Solanda	8.925	1.473	1.805
Iñaquito-La Carolina	10.727	1.653	1.342		Solanda-El Calzado	10.727	1.653	2.087
La Carolina-La Pradera	12.010	1.862	1.687		El Calzado-El Recreo	12.010	1.862	2.314
La Pradera-Universidad	13.725	2.164	1.901		El Recreo-La Magdalena	13.725	2.164	2.717
Universidad-El Ejido	14.667	2.709	2.248		La Magdalena-San Francisco	14.667	2.709	2.923
El Ejido-La Alameda	13.196	3.677	2.480		San Francisco-La Alameda	13.196	3.677	3.024
La Alameda-San Francisco	12.669	3.565	2.580		La Alameda-El Ejido	12.669	3.565	2.868
San Francisco-La Magdalena	11.594	3.483	2.450		El Ejido-Universidad	11.594	3.483	2.591
La Magdalena-El Recreo	9.278	3.064	2.231		Universidad-La Pradera	9.278	3.064	2.186
El Recreo-El Calzado	8.029	2.938	1.869		La Pradera-La Carolina	8.029	2.938	1.979
El Calzado-Solanda	5.863	2.452	1.650		La Carolina-Iñaquito	5.863	2.452	1.478
Solanda-Morán Valverde	3.752	2.054	1.447		Iñaquito-Jipijapa	3.752	2.054	1.033
Morán Valverde-Quitumbe	2.156	1.193	914		Jipijapa-Labrador	2.156	1.193	613

Tabla 17: Carga en tramos. Escenario 2

Sentido N_S	Esc2_AM_2020	Esc2_PM_2020	Esc2_VA_2020		Sentido S_N	Esc2_AM_2020	Esc2_PM_2020	Esc2_VA_2020
Tramo	Carga	Carga	Carga			Carga	Carga	Carga
Labrador-Jipijapa	2.609	2.296	809		Quitumbe-Morán Valverde	9.048	1.143	1.729
Jipijapa-Iñaquito	4.299	4.521	1.373		Morán Valverde-Solanda	11.883	2.027	2.357
Iñaquito-La Carolina	4.527	6.768	1.749		Solanda-El Calzado	13.743	2.220	2.611
La Carolina-La Pradera	4.619	8.500	2.073		El Calzado-El Recreo	14.539	2.383	2.797
La Pradera-Universidad	4.712	9.606	2.299		El Recreo-La Magdalena	16.974	2.876	3.269
Universidad-El Ejido	4.130	9.669	2.649		La Magdalena-San Francisco	18.032	3.468	3.461
El Ejido-La Alameda	4.122	10.483	2.883		San Francisco-La Alameda	16.369	4.739	3.592
La Alameda-San Francisco	4.106	10.754	3.059		La Alameda-El Ejido	16.286	4.809	3.559
San Francisco-La Magdalena	2.762	11.704	2.960		El Ejido-Universidad	14.829	4.878	3.262
La Magdalena-El Recreo	2.579	10.827	2.759		Universidad-La Pradera	10.905	3.924	2.552
El Recreo-El Calzado	2.362	9.150	2.335		La Pradera-La Carolina	9.560	3.797	2.327
El Calzado-Solanda	2.092	8.060	2.078		La Carolina-Iñaquito	7.141	3.405	1.826
Solanda-Morán Valverde	1.971	7.343	1.857		Iñaquito-Jipijapa	4.900	3.082	1.396
Morán Valverde-Quitumbe	956	5.100	1.320		Jipijapa-Labrador	2.429	1.629	673
Sentido N_S	Esc2_AM_2025	Esc2_PM_2025	Esc2_VA_2025		Sentido S_N	Esc2_AM_2025	Esc2_PM_2025	Esc2_VA_2025
Tramo	Carga	Carga	Carga			Carga	Carga	Carga
Labrador-Jipijapa	9.710	2.254	835		Quitumbe-Morán Valverde	9.710	1.131	1.914
Jipijapa-Iñaquito	12.425	4.560	1.490		Morán Valverde-Solanda	12.425	2.023	2.558
Iñaquito-La Carolina	13.979	6.800	1.863		Solanda-El Calzado	13.979	2.186	2.827
La Carolina-La Pradera	14.975	8.594	2.209		El Calzado-El Recreo	14.975	2.372	2.996
La Pradera-Universidad	17.444	9.723	2.450		El Recreo-La Magdalena	17.444	2.872	3.505
Universidad-El Ejido	18.493	9.916	2.795		La Magdalena-San Francisco	18.493	3.467	3.709
El Ejido-La Alameda	16.733	10.755	3.030		San Francisco-La Alameda	16.733	4.736	3.827
La Alameda-San Francisco	16.634	11.069	3.226		La Alameda-El Ejido	16.634	4.801	3.780
San Francisco-La Magdalena	15.162	12.137	3.147		El Ejido-Universidad	15.162	4.895	3.469
La Magdalena-El Recreo	11.165	11.253	2.931		Universidad-La Pradera	11.165	3.995	2.708
El Recreo-El Calzado	9.802	9.664	2.512		La Pradera-La Carolina	9.802	3.877	2.476
El Calzado-Solanda	7.360	8.513	2.220		La Carolina-Iñaquito	7.360	3.516	1.958
Solanda-Morán Valverde	5.001	7.800	1.997		Iñaquito-Jipijapa	5.001	3.195	1.491
Morán Valverde-Quitumbe	2.513	5.507	1.427		Jipijapa-Labrador	2.513	1.678	718



Tabla 18: Carga en tramos. Escenario 3

<b>Sentido N_S</b>	<b>Esc3_AM_2020</b>	<b>Esc3_PM_2020</b>	<b>Esc3_VA_2020</b>	<b>Sentido S_N</b>	<b>Esc3_AM_2020</b>	<b>Esc3_PM_2020</b>	<b>Esc3_VA_2020</b>
<b>Tramo</b>	<b>Carga</b>	<b>Carga</b>	<b>Carga</b>		<b>Carga</b>	<b>Carga</b>	<b>Carga</b>
Labrador-Jipijapa	3.366	2.917	1.027	Quitumbe-Morán Valverde	7.620	965	1.625
Jipijapa-Iñaquito	4.220	4.584	1.409	Morán Valverde-Solanda	10.783	1.747	2.348
Iñaquito-La Carolina	5.672	7.476	2.256	Solanda-El Calzado	12.412	1.971	2.621
La Carolina-La Pradera	6.744	9.633	2.844	El Calzado-El Recreo	17.202	2.602	3.418
La Pradera-Universidad	6.926	10.939	3.105	El Recreo-La Magdalena	18.654	3.058	3.674
Universidad-El Ejido	5.134	10.645	3.136	La Magdalena-San Francisco	19.937	3.473	3.919
El Ejido-La Alameda	4.950	11.042	3.227	San Francisco-La Alameda	17.493	5.116	3.954
La Alameda-San Francisco	4.265	10.948	3.206	La Alameda-El Ejido	16.729	5.314	3.871
San Francisco-La Magdalena	2.532	12.256	3.109	El Ejido-Universidad	15.926	5.487	3.709
La Magdalena-El Recreo	2.535	11.077	2.864	Universidad-La Pradera	13.211	6.048	3.545
El Recreo-El Calzado	2.256	9.870	2.457	La Pradera-La Carolina	11.050	5.821	3.203
El Calzado-Solanda	2.026	8.709	2.156	La Carolina-Iñaquito	8.467	4.923	2.514
Solanda-Morán Valverde	1.702	6.858	1.704	Iñaquito-Jipijapa	6.213	4.425	1.975
Morán Valverde-Quitumbe	720	4.502	1.078	Jipijapa-Labrador	4.280	3.485	1.448
<b>Sentido N_S</b>	<b>Esc3_AM_2025</b>	<b>Esc3_PM_2025</b>	<b>Esc3_VA_2025</b>	<b>Sentido S_N</b>	<b>Esc3_AM_2025</b>	<b>Esc3_PM_2025</b>	<b>Esc3_VA_2025</b>
<b>Tramo</b>	<b>Carga</b>	<b>Carga</b>	<b>Carga</b>		<b>Carga</b>	<b>Carga</b>	<b>Carga</b>
Labrador-Jipijapa	8.019	2.999	1.100	Quitumbe-Morán Valverde	8.019	8.019	1.777
Jipijapa-Iñaquito	11.342	4.671	1.506	Morán Valverde-Solanda	11.342	11.342	2.567
Iñaquito-La Carolina	12.956	7.629	2.408	Solanda-El Calzado	12.956	12.956	2.846
La Carolina-La Pradera	17.786	9.885	3.048	El Calzado-El Recreo	17.786	17.786	3.684
La Pradera-Universidad	19.220	11.203	3.321	El Recreo-La Magdalena	19.220	19.220	3.947
Universidad-El Ejido	20.487	10.951	3.336	La Magdalena-San Francisco	20.487	20.487	4.195
El Ejido-La Alameda	17.934	11.332	3.431	San Francisco-La Alameda	17.934	17.934	4.212
La Alameda-San Francisco	17.114	11.271	3.405	La Alameda-El Ejido	17.114	17.114	4.123
San Francisco-La Magdalena	16.321	12.653	3.299	El Ejido-Universidad	16.321	16.321	3.956
La Magdalena-El Recreo	13.535	11.509	3.048	Universidad-La Pradera	13.535	13.535	3.775
El Recreo-El Calzado	11.315	10.332	2.616	La Pradera-La Carolina	11.315	11.315	3.414
El Calzado-Solanda	8.661	9.182	2.300	La Carolina-Iñaquito	8.661	8.661	2.681
Solanda-Morán Valverde	6.375	7.356	1.832	Iñaquito-Jipijapa	6.375	6.375	2.106
Morán Valverde-Quitumbe	4.412	4.876	1.161	Jipijapa-Labrador	4.412	4.412	1.543

### 3. Estimación de costos

#### 3.1. Contenido

En el presente capítulo se presenta la revisión y actualización de costes de explotación para el periodo de operación transitorio describiendo las hipótesis consideradas con el objetivo de justificar los valores propuestos y las posibles variaciones de los mismos.

Para el desarrollo de esta estimación se han tenido en cuenta los siguientes inputs:

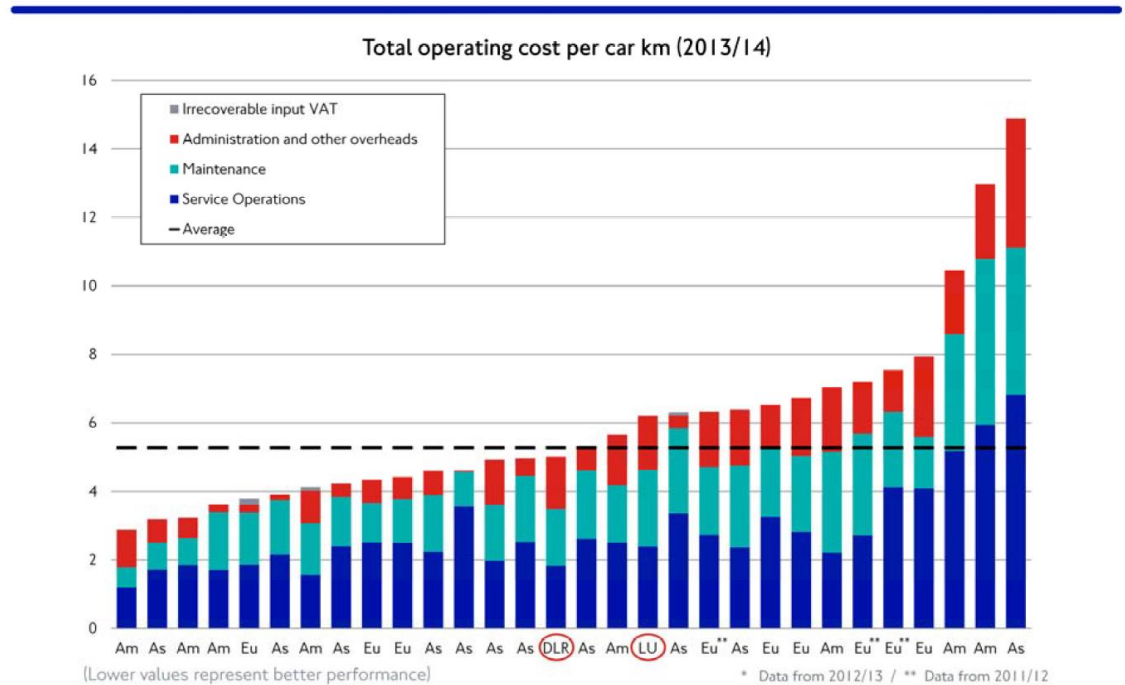
- Nuevo escenario de operación propuesto.
- Costes referenciales de operaciones similares en Europa (TMB, Metro de Sevilla y Metro de Madrid, entre otros).
- “International metro benchmarking”, CoMET and Nova Group of Metros.
- Estimaciones previas de costos realizadas sobre la primera línea del Metro de Quito, y en particular:
  - Estructuración del modelo de negocio para la operación y mantenimiento privado de la Línea 1 del metro de Quito (PLMQ). Entregable 3. Definición del modelo. Junio de 2018.
  - Estructuración del modelo tarifario del sistema metropolitano de transporte público de pasajeros de Quito. Producto 1: Estructuración de costos operacionales, financieros y de inversión asociados a la operación de los cuatro subsistemas del Distrito Metropolitano de Quito. Enero 2017.
  - Evaluación de alternativas y diseño del modelo de explotación de la primera línea del Metro de Quito. Entregable 2: Análisis de los costos de operación y mantenimiento y elaboración de modelos económicos y financieros. Junio de 2017.
- Condiciones laborales y salariales Ecuador, 2019.

En este punto es importante destacar que el coste de explotación y la distribución del mismo entre las diferentes actividades a realizar de una línea de metro depende en gran medida de las características de la red (Tamaño de la red, contrato completo de O&M de la línea, duración, fase del proyecto, nivel de disponibilidad y calidad exigido, etc.) o del tipo de gestión (gestión pública o privada). También depende de la estrategia de gestión que adopte el Explotador (utilización de medios propios, subcontratación de grandes paquetes con la consecuente transmisión de riesgos, etc.). Es por esto que, cuando se analizan diferentes líneas de metro a nivel internacional, se encuentran desviaciones importantes entre unos casos y otros.

Este efecto se puede observar en el estudio desarrollado por CoMET and Nova Group of Metros, “International metro benchmarking”<sup>1</sup> (del que se extrae el siguiente gráfico), donde se incluyen los costes de operación para varias operaciones tipo metro a lo largo del mundo discriminadas por continentes.

Gráfico 4: Benchmarking costes totales operación

## Total operating cost 2013/14



En el caso de la futura explotación de la primera línea del Metro de Quito, es importante destacar que se trata de **un contrato de duración de 3 años sobre una nueva línea en un país donde no existe una línea de características similares.**

Estas características llevan a que el nuevo Explotador tendrá que contar con una importante cantidad de especialistas de explotaciones de metro extranjeras que puedan aportar la experiencia necesaria para garantizar la correcta operación del servicio con la calidad y disponibilidad esperada, sobre todo, durante el primer año de la operación hasta transferir el know-how al personal local. La corta duración del contrato implica que estos profesionales tengan que estar gran parte o toda la duración del contrato. Por otro lado, al tratarse de una nueva línea, también cabe señalar que la infraestructura y sus instalaciones estarán nuevas y durante los primeros meses estarán en garantía. En este caso, por tanto, no se tendrán que considerar costos de mantenimiento de gran reparación o renovación.

Otro punto a señalar es que el coste y la distribución del mismo entre las distintas actividades se hace tomando una serie de hipótesis que podrán ser modificadas por el futuro explotador (recursos humanos, subcontrataciones, medios previstos, etc.) siempre que cumplan con los requerimientos solicitados.

La desagregación de costos para presente estudio está basada en 5 grandes grupos, que se listan a continuación:

- Costos laborales (Sin incluir personal de mantenimiento)
  - Personal de Gerencia
  - Personal de Operación
  - Personal de Seguridad
- Consumos
- Otros costos operativos.
- Mantenimiento
  - Mantenimiento de trenes
  - Mantenimiento de infraestructura, vía y sistemas
  - Mantenimiento escaleras mecánicas y ascensores
  - Limpieza
- Seguros y previsión por vandalismo

### 3.2. Datos de producción considerados

En base al análisis de producción realizado en el Capítulo 0, se incluyen a continuación los resultados obtenidos para la estimación de flota y producción de la línea. El dato de flota en operación HPM se refiere a la flota operando en la hora punta de la mañana, que es el dato limitante para el cálculo de la flota necesaria:

Tabla 19: Estimación de flota y producción de la línea

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<i>Flota reserva y mantenimiento</i>	3	2	0	3	3	3
<i>Flota en operación en HPM</i>	15	16	18	21	21	21
<b>Flota total</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
<i>Km comerciales anuales</i>	1,929,269	1,998,252	2,087,806	2,134,535	2,134,535	2,168,396
<i>Km vacío anuales (5%)</i>	96,463	99,913	104,390	106,727	106,727	108,420
<b>Km totales anuales</b>	<b>2,025,732</b>	<b>2,098,164</b>	<b>2,192,196</b>	<b>2,241,262</b>	<b>2,241,262</b>	<b>2,276,816</b>
<i>Horas comerciales anuales</i>	53,014	53,841	56,124	57,408	57,408	58,225
<i>Horas vacío anuales (5%)</i>	2,651	2,692	2,806	2,870	2,870	2,911

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Horas totales anuales</b>	55,664	56,533	58,930	60,278	60,278	61,136

Es importante destacar que, en el año 2022 (último año de operación transitoria), no se dispondrá de flota adicional para reserva y mantenimiento siendo necesarios los 18 trenes disponibles desde el inicio para dar servicio en operación en hora punta de mañana. Si prolongamos este análisis a los años siguientes, la necesidad de flota adicional se incrementa en 6 unidades (teniendo en cuenta la flota de reserva y mantenimiento).

Del mismo modo, destacamos que en la presente estimación de costes no está incluido el coste de adquisición de nueva flota, previsto para fechas posteriores a 2022 según las estimaciones de demanda.

### 3.3. Clasificación de costos

#### 3.3.1. Costos personal

Los costos de personal se calculan tomando como base a la estimación de plantilla incluida en el Plan de RRHH, anexo en la documentación técnica. En este documento se incluye también la descripción detallada de cada uno los perfiles previstos. El personal se ha estimado teniendo en cuenta explotaciones de metro similares (Metro de Barcelona - TMB, Metro de Madrid, etc.)

Es de señalar que, aunque en este capítulo se describen los costos asociados a todos los perfiles propuestos, en el presupuesto global, los costes referentes al personal de mantenimiento se han agrupado con la partida de mantenimiento correspondiente.

A continuación, se incluye, desglosado por actividad, el personal estimado.

##### 3.3.1.1 Personal de Gerencia

Tabla 20: Personal de Gerencia

Equipo directivo	Personal necesario
Gerente General	1
Dirección de Mantenimiento	1
Dirección de RRHH	1
Dirección Centro de Control	1
Dirección Soporte	1

##### 3.3.1.2 Personal de operación

A excepción de los conductores (que serán calculados en base a las horas de producción de los vehículos), el personal previsto para operación se mantendrá fijo en el periodo a

estudio. A continuación, se muestra la previsión de conductores para el transcurso de la operación transitoria y del resto de perfiles previstos para la operación de la línea.

Estimación de agentes conductores:

Tabla 21: Personal de Operación: Agentes Conductores

Agentes conductores	Personal estimado					
Año de explotación	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Agentes Conductores	73	74	77	79	79	80

Estimación del resto de perfiles de personal de operación:

Tabla 22: Resto de perfiles de personal de operación

Personal de operación	Personal estimado
<b>Equipo Operativo de línea</b>	
Agentes Atención al Cliente	165
Mandos operación	20
Responsables de equipo	3
Responsable línea	1
Operadores CC	15
Supervisores CC	8
Responsable CC	1
<b>Atención al Cliente</b>	
Atención remota	7
Oficina atención	5
Atención digital	5
Responsable AC	1
<b>Soporte</b>	
Planificación	4
Proyectos e Ingeniería	4
Administración	4
Responsable soporte	1

### 3.3.1.3 Personal de Mantenimiento

Dado el corto periodo de tiempo estudiado, no se ha considerado variación del personal de mantenimiento previsto.

Tabla 23: Personal de mantenimiento

Personal de mantenimiento	Personal estimado
<b>Proyectos</b>	
Proyectos	4
Responsable proyectos	1
<b>Material Rodante</b>	
Ingeniería M. R.	2
Mantenimiento M. R.	39
Responsable M.R	1
<b>Sistemas de Circulación</b>	
Mantenimiento vía	12
Mantenimiento líneas de tracción	12
Mantenimiento señalización, telecontrol y comunicaciones	12
Mantenimiento validación y venta	15
Responsable Sist. Circ.	1
<b>Sistemas eléctricos y electromecánicos</b>	
Mantenimiento baja tensión y sistemas electromecánicos	33
Mantenimiento alta tensión y energía de tracción	18
Responsable Sist. Elect.	1
<b>Infraestructuras</b>	
Mantenimiento estaciones	8
Limpieza	58
Oficina técnica señalización estaciones	1
Responsable Infraestructuras	1

### 3.3.1.4 Personal de Seguridad

Dado el corto periodo de tiempo estudiado, no se ha considerado variación del personal de seguridad previsto.

Tabla 24: Personal de Seguridad

Personal de seguridad	Personal estimado
<b>Intervención</b>	
Agentes intervención	17
Responsable intervención	1

Personal de seguridad	Personal estimado
<b>Seguridad y protección civil</b>	
Vigilantes	100
Operadores seguridad	8
Coordinadores seguridad	8
Responsable seguridad	1
<b>Prevención</b>	
Prevención	2
Responsable prevención	1
<b>Seguridad ferroviaria</b>	
Seg. Ferroviaria	2
Responsable Seguridad Ferroviaria	1

### 3.3.1.5 Referencial de costos

Los costos laborales referenciales son obtenidos de las fuentes de información indicadas a continuación:

- Compañías y Empresas Públicas que mantienen actividades en el país específicamente en el sector de transporte. Las compañías privadas son: Transporte Carcelén Tarqui C.A. CATAR y el Consorcio Empresarial de Transporte C.A CONETRA. Las Empresas Públicas son: Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros EPMTT Trolebús y de la Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito EPMMQ.
- Herramienta salarial de mercado general, la cual es alimentada por información obtenida de la II Encuesta General elaborada por Deloitte con corte al 31 de diciembre 2017.
- Estructuración del modelo tarifario del sistema metropolitano de transporte público de pasajeros de Quito, que contiene estimaciones de costos de personal por tipo de perfil en base a múltiplos del salario mínimo.
- Acuerdo ministerial de fijación de sueldos, salarios mínimos sectoriales y tarifas para el sector privado por ramas de actividad, que abarcan las diferentes comisiones sectoriales, 2019.
- Explotaciones similares en otros países latinoamericanos, a partir del estudio de “Pre inversión a nivel de factibilidad del proyecto Construcción de la Línea 2 de la red básica del Metro de Lima y Callao” y el informe final del “Análisis de la Estructura Organizacional de Metrovías – Buenos Aires.
- Costos de explotaciones similares en Latinoamérica y en Europa.



Teniendo en cuenta estas premisas, para evaluar los costes de cada uno de los perfiles se ha considerado el salario como múltiplo del Salario Básico Unificado Mensual 2019 para diferentes categorías profesionales:

Tabla 25: Categorías de personal

	Salario (en SBU)
Agentes nivel 1 (Seguridad, limpieza, atención al cliente, etc.)	1.5 a 2
Agentes nivel 2 (Conductores, operadores OCC, operadores seguridad, etc.)	2 a 3
Agentes nivel 3 (responsables de equipo, operarios mantenimiento no especializado)	3 a 4
Coordinador de actividad/operario mantenimiento especializado	4 a 5
Técnico especialista (planificación, proyectos, etc.)	5 a 6
Técnico responsable	6 a 10
Responsable de actividad	10 a 18
Responsable de actividad extranjero	18 a 20
Gerencia	20

Adicionalmente a este valor, se han añadido pluses de nocturnidad a los perfiles de operación que así lo requieren (22% de horario nocturno con un 25% de plus frente al salario previsto) y de mantenimiento (50% de horario nocturno con un 25% de plus frente al salario previsto).

Para el cálculo de las prestaciones del personal contempladas en la legislación se ha tenido en cuenta el factor prestacional de acuerdo a las tasas de aportación establecidas por el Instituto Ecuatoriano de la Seguridad Social.

En el caso del costo laboral referente a conductores de tren, al no disponer una referencia en el mercado ecuatoriano, se han tenido en cuenta los salarios de conductores de trenes de los países más cercanos al Ecuador en América Latina, los cuales son: Perú, Colombia, Chile y Argentina, con el objetivo de tener una referencia del salario. La información obtenida se incluye a continuación:

Tabla 26: Salarios conductores metro

Conductor de Metro	Valor en US\$	Fuente
Colombia	689.25	Tu salario. Org Colombia
Perú	914.00	Bolsa de Trabajo Perú
Chile	845.12	Metro de Santiago
Argentina	689.25	Tu salario. Org Argentina

Considerando que en la plantilla de conductores, en una primera etapa será necesario disponer de conductores especializados de otras explotaciones extranjeras se considera una media de coste por conductor de 2,5 Salarios Básicos Unificados que equivale a 985 USD 2019.

En la categoría de responsables de actividad y jefes de equipo, dado que en esta etapa de operación transitoria deberán ser técnicos con experiencia dilatada y contrastada en explotaciones similares, se proponen, en muchos casos, sueldos de personal extranjero.

Para el resto de los perfiles se ha considerado salarios medios de acuerdo a las condiciones del mercado ecuatorianas salvo para las tareas más especializadas de sistemas de metro que se considera personal traído del extranjero.

### 3.3.1.6 Costo de personal (sin incluir mantenimiento)

Teniendo en cuenta las hipótesis descritas previamente, se incluye a continuación la previsión de costos de personal de operaciones por actividad.

Tabla 27: Costos personal (sin incluir mantenimiento)

Costos personal (sin incluir mantenimiento)	2020
Personal de Gerencia	\$504,005
Personal de Operación	\$5,191,428
Personal de Seguridad	\$2,271,932

### 3.3.2. Consumos

Proponemos la siguiente distribución de actividades de cara al cálculo de costes de consumos.

#### 3.3.2.1 Consumo Eléctrico

A continuación, se describe la metodología que se ha llevado a cabo para el cálculo del consumo eléctrico y su estimación de costes.

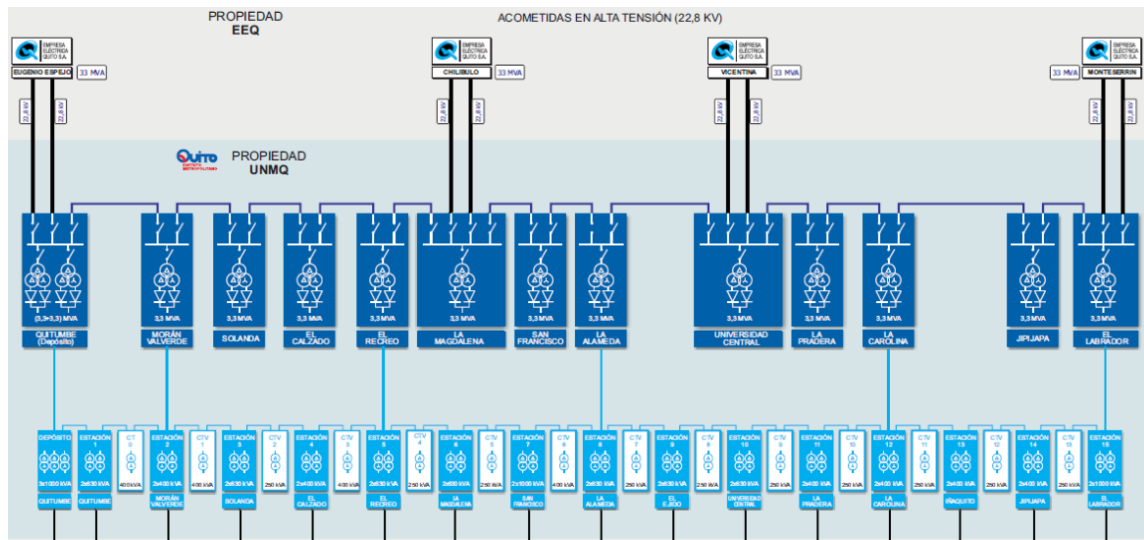
En los numerales siguientes se estiman los cargos por consumo de energía principales:

- Consumo de energía de tracción
- Consumo de estaciones
- Consumo de Patio Taller
- Consumo de Centro de control

Al final de este capítulo (en el numeral 3.3.2.1.3) se define el modelo de facturación empleado para la estimación total del costo energético.

Se toma como referencia el siguiente esquema de principio para el sistema de distribución de energía:

Gráfico 5: Sistema de distribución de energía



### 3.3.2.1.1 Consumo de energía de tracción

En cuanto al consumo de energía de tracción, está directamente relacionado con los coche-km recorridos anualmente, por lo que una reducción en la demanda supone una reducción de la energía consumida.

En lo que se refiere al valor unitario, el dato de consumo extraído de la descripción técnica del equipo de tracción (C.J5.94.301.00) para el Metro de Quito del propio suministrador del material rodante CAF, donde se indica un valor 19,766 KWh/km para el positivo de tracción. Si bien estos consumos pueden verse reducidos por la recuperación de frenada, al tratarse de una estimación y en base a ratios de consumos reales de otras explotaciones, se considera este dato como bueno para el cálculo estimativo de costes de consumo de trenes.

En cuanto al costo por KW, el valor referencial se obtiene a partir de la información incluida en el pliego tarifario 2019 (vigente hasta el 31 de diciembre de 2019),

Según las características tarifarias definidas se establecen los siguientes cargos tarifarios para la ciudad de Quito:

Tabla 28: Costes kW/h en función del rango de consumo

MEDIO VOLTAJE CON REGISTRADOR DE DEMANDA	
Rango de consumo	Energía[USD/kWh]
L – V: 8:00 a 18:00	0.0875
L-V: 16:00 a 22:00	0.1015

L-V: 22:00 a 08:00	0.0491
S,D y F: 18:00 a 22:00	0.0875
S,D y F: 22:00 a 18:00	0.0491

La justificación de la tarifa seleccionada se realiza más adelante en el numeral 3.3.2.1.3

A continuación, se desglosa el cálculo realizado para el año 2020, teniendo en cuenta los km realizados en cada rango de consumo, el detalle de los km realizados se encuentra en los cálculos de producción:

Tabla 29: Costes anuales por energía tracción

Consumo tren:	19,77	kWh/km	
		\$/kWh	2020
LABORABLES L - V 250	Rango de consumo de 22:00 a 8:00 (2HPM+1HV) [km]	0,0491	393.176
	Rango de consumo de 8:00 a 18:00 (8HI+2HPT) [km]	0,0875	817.764
	Rango de consumo de 18:00 a 22:00 (1HPT+3HV) [km]	0,1015	278.040
		\$/kWh	2020
SABADOS 52	Rango de consumo de 22:00 a 18:00 (2HPM+10HI) [km]	0,0491	217.857
	Rango de consumo de 18:00 a 22:00 (1HI+4HV) [km]	0,0875	71.440
		\$/kWh	2020
DOMINGOS Y FESTIVO 63	Rango de consumos de 22:00 a 18:00 (12HV) [km]	0,0491	214.483
	Rango de consumo de 18:00 a 22:00 (2HV) [km]	0,0875	32.972
	Consumo total [kWh]	[kWh]	40.040.624
	Coste Consumo energía para toda la flota	USD	2.953.916

Se ha considerado un 5% de recorridos en vacío.

### 3.3.2.1.2 Consumos Auxiliares

#### 3.3.2.1.2.1 Consumo en talleres y cocheras,

El consumo ha sido calculado en base a datos propios basados en ratios de explotación y mantenimiento tanto en Latinoamérica como en Europa. En este sentido, se ha considerado para unas instalaciones de Taller características un dato de consumo de 1000 KWh (valor considerado en el Producto 1 elaborado por GSD).

El coste final se calcula en base a las horas totales de operaciones al año, teniendo en cuenta los costes relativos a la tarifa considerada:

Tabla 30: Costes energía en el Patio Taller

Consumo	1.000,00	kWh/estación	
nº de consumidores	1,00	uds	
		\$/kWh	kWh/año
LABORABLES L - V	Rango de consumo de 22:00 a 8:00 (3 horas)	0,0491	750.000
	Rango de consumo de 8:00 a 18:00 (10 horas)	0,0875	2.500.000
			\$/año
			36.825
			218.750

250	Rango de consumo de 18:00 a 22:00 (4 horas)	0,1015	1.000.000	101.500
		\$/kWh	kWh/año	\$/año
SABADOS	Rango de consumo de 22:00 a 18:00 (12 horas)	0,0491	624.000	30.638
52	Rango de consumo de 18:00 a 22:00 (5 horas)	0,0875	260.000	22.750
			882.000	
		\$/kWh	kWh/año	\$/año
DOMINGOS Y FESTIVOS	Rango de consumo de 22:00 a 18:00 (12 horas)	0,0491	756.000	37.120
63	Rango de consumo de 18:00 a 22:00 (2horas)	0,0875	126.000	11.025
<b>TOTAL AÑO T&amp;C</b>			<b>6.016.000,00</b>	<b>458.608,00</b>

### 3.3.2.1.2.2 Consumo en centro de control,

El consumo ha sido calculado en base a datos propios basados en ratios de explotación y mantenimiento tanto en Latinoamérica como en Europa. En este sentido, se ha considerado para unas instalaciones de Taller características un dato de consumo de 500 KWh (valor considerado en el Producto 1 elaborado por GSD).

El coste final se calcula en base a las horas totales de operaciones al año, tendido en cuenta los costes relativos a la tarifa considerada:

Tabla 31: Costes energía en el Centro de control

CONSUMO DE CENTRO DE CONTROL				
Consumo	500,00	kWh/estación		
n° de consumidores	1,00	uds		
		\$/kWh	kWh/año	\$/año
LABORABLES	Rango de consumo de 22:00 a 8:00	0,0491	550.000	27.005
L - V	Rango de consumo de 8:00 a 18:00	0,0875	1.250.000	109.375
250	Rango de consumo de 18:00 a 22:00	0,1015	500.000	50.750
		\$/kWh	kWh/año	\$/año
SABADOS	Rango de consumo de 22:00 a 18:00	0,0491	348.400	17.106
52	Rango de consumo de 18:00 a 22:00	0,0875	130.000	11.375
		\$/kWh	kWh/año	\$/año
DOMINGOS Y FESTIVOS	Rango de consumo de 22:00 a 18:00	0,0491	441.000	21.653
63	Rango de consumo de 18:00 a 22:00	0,0875	63.000	5.513
<b>TOTAL AÑO CC</b>			<b>3.282.400,00</b>	<b>242.777,04</b>

Se ha considerado el funcionamiento del centro del control será de 24 horas, pero considerando que fuera del horario comercial el consumo será del 20% del consumo medio nominal previsto. Las horas adicionales fuera del horario comercial se han incluido como horas equivalentes teniendo en cuenta el consumo nominal.

### 3.3.2.1.2.3 Consumo en estaciones

El consumo en estaciones se ha calculado de manera proporcional al número total de estaciones y a las horas anuales de operación de las mismas. Se ha estimado de base un dato de consumo por estación de 223 KWh (valor considerado en el Producto 1 elaborado por GSD), incluyendo todos los equipos de estación, como elementos del

sistema tarifario, información al viajero, instalaciones, escaleras mecánicas, ascensores, ventilación de estación y túnel, etc.

El coste final se calcula en base a las horas totales de operaciones al año, tendido en cuenta los costes relativos a la tarifa considerada:

Tabla 32: Costes energía en el Estaciones

Consumo estación:	223,00	kWh/estación		
n° de estaciones	15,00	uds		
			\$/kWh	kWh/año
LABORABLES L - V 250	Rango de consumo de 22:00 a 8:00 (2HPM+1HV)	0,0491	2.885.063	141.657
	Rango de consumo 8:00 a 18:00 (8HI+2HPT)	0,0875	8.362.500	731.719
	Rango de consumo de 18:00 a 22:00 (1HPT+3HV)	0,1015	3.345.000	339.518
			\$/kWh	kWh/año
SABADOS 52	Rango de consumo de 22:00 a 18:00 (2HPM+10HI)	0,0491	2.165.553	106.329
	Rango de consumo de 18:00 a 22:00 (1HI+4HV)	0,0875	869.700	76.099
			\$/kWh	kWh/año
DOMINGOS Y FESTIVOS 63	Rango de consumo de 22:00 a 18:00 (12HV)	0,0491	2.623.651	128.821
	Rango de consumo de 18:00 a 22:00 (2HV)	0,0875	421.470	36.879
<b>TOTAL AÑO ESTACIÓN</b>			<b>20.672.936</b>	<b>1.561.020</b>

Dentro del consumo de estación se ha considerado 3 horas de funcionamiento de la estación con un consumo reducido (15 % del valor medio considerado) para labores de limpieza y otros, fuera del horario comercial.

### 3.3.2.1.3 Facturación energía eléctrica

En primer lugar, cabe a destacar, que infraestructuras similares se acogen normalmente a convenios particulares, por tratarse de grandes consumidores, con las compañías de suministro eléctrico, mediante estos convenios se implementan acuerdos puntuales relativos a las condiciones de suministro, calidad de la energía y políticas tarifarias.

No obstante, para la estimación del coste de operación derivados del consumo eléctrico tomamos como referencia el Pliego Tarifario del servicio público de energía de Ecuador en su versión de 2019.

Los criterios que se han tenido en cuenta para establecer la estimación del costo son las siguientes:

- Categoría de tarifa: General
- Tipo de consumidor: Abonado especial/industrial
- Nivel de voltaje: Medio voltaje (la distribución se realiza 22,8 kV)
- Tarifa: General
- Tipo de registrador: registrador con demanda horaria (punta media y base)
- El registrador se ubica en medio voltaje en las subestaciones de acometida.

En base a lo anterior, en el citado pliego tarifario se establece los cargos a los que el consumidor debe pagar:

- Cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
- Cargo por demanda en USD/kW-mes, por cada kW de demanda mensual facturable como mínimo de pago, independiente del consumo de energía, multiplicado por un factor de gestión de la demanda (FGDI)
- Cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de lunes a viernes, de 08:00 hasta las 18:00 horas.
- Cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de lunes a viernes, de 18:00 hasta las 22:00 horas.
- Cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de lunes a viernes de 22:00 hasta las 08:00 horas; incluyendo la energía de sábados, domingos y feriados, en el período de 22h00 a 18:00 horas.
- Cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de sábados, domingos y feriados, en el período de 18:00 hasta las 22:00 horas

En la siguiente tabla se resumen los costos asociados a esta tarifa en la ciudad de Quito:

Tabla 33: Cargos tarifarios Quito

CARGOS TARIFARIOS MEDIO VOLTAJE CON REGISTRADOR DE DEMANDA(EMPRESA ELECTRICA QUITO)			
Rango de consumo	Demanda [USD/kW-mes]	Energía [USD/kWh]	Comercialización [USD/consumidor-mes]
L – V: 8:00 a 18:00	4,129	0.0875	1,414
L-V: 16:00 a 22:00		0.1015	
L-V: 22:00 a 08:00		0.0491	
S,D y F: 18:00 a 22:00		0.0875	
S,D y F: 22:00 a 18:00		0.0491	

No se tendrá en cuenta dentro de la facturación, la penalización debida a las pérdidas en los transformadores ya que la medición se realiza en medio voltaje, ni la penalización por bajo factor de potencia ya que el sistema el sistema dispondrá de los equipos de compensación de energía reactiva necesarios para valores alcanzar un valor del factor de potencia superior a 0,92.

Por lo tanto, la expresión del a facturación quedará como se indica a continuación:

$$FSPEE = E + P + C$$

Donde:

- FSPEE: factura por servicio público de energía eléctrica [USD]
- E: cargo por energía
- P: cargo por demanda de potencia
- C: cargo por comercialización

### Cargo por energía:

El cargo por energía constituye la suma de los costos calculados para tracción y servicios auxiliares, tal y como se ha calculado en apartados anteriores.

Tabla 34: Costes totales por energía

		2020	2021	2022	2023
Consumo [kWh]	[kWh]	70.011.960	71.443.653	73.302.288	74.272.124
Coste Consumo energía	USD	5.216.321	5.316.451	5.447.489	5.495.108

2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
74.272.124	74.974.872	74.974.872	74.974.872	74.974.872	76.267.986	76.267.986
5.495.108	5.554.926	5.554.926	5.554.926	5.554.926	5.618.418	5.618.418

### Cargo por demanda de potencia:

Se trata de un cargo por cada kW de demanda mensual facturable (DM) independientemente del consumo.

El cargo por demanda de potencia se calcula de la siguiente manera:



$$P = 4.129 * FGDI * DM$$

El factor de gestión de la demanda (FGDI) se obtiene de la siguiente manera:

Tabla 35: Cálculo del factor de gestión de demanda

FGDI	Si
0.5	$\frac{DP}{DM} < 0.6$
$0.5833 x \frac{DP}{DM} + 0.4167 x (\frac{DP}{DM})^2$	$0.6 \leq \frac{DP}{DM} \leq 0.9$
1	$0.9 < \frac{DP}{DM} \leq 1$

Donde:

- DM: demanda máxima mensual del consumidor
- DP: demanda máxima mensual del consumidor durante las horas de pico de la empresa eléctrica

Para el cálculo de DM, se han empleado los valores de referencia obtenidos del documento “Anejo 1 – Cálculos: Optimizaciones al diseño de ingeniería de detalle de las subestaciones eléctricas para la línea 1 del Metro de Quito.”

En el documento anterior se estima la potencia contratada para el Metro de Quito en varios escenarios.

Para estimar la DM se considera una media entre las potencias contratadas para los escenarios 1 y 3 simulados en el anejo de cálculo, y así tener en cuenta un valor medio entre que considere un futuro aumento de la flota de vehículos

Tabla 36: Estimación de demanda máxima

Situación normal	27 trenes	16 trenes	DM
P contratada [kW]	26.405	18.760	22.583

No obstante, estos valores deberán ser confirmados con la simulación definitiva del sistema de energía.

La DP, coincide con el horario valle (8 trenes en operación) de operación del metro por lo que se estima su consumo como un 65 % del valor obtenido en la simulación para 16 trenes, es decir:

$$DP = 0,65 * 18760 = 12194 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta estos valores podemos calcular el costo por potencia:

$$P = 4.129 * 0,5 * 22583 = 46.621,6 \text{ USD/mes}$$

### **Cargo por comercialización:**

Se considera un cargo por consumidor independiente del consumo de energía, que para la tarifa seleccionada en la ciudad de Quito es 1,414 USD/consumidor-mes.

Según el esquema de principio del sistema de energía con 4 consumidores al existir 4 acometidas al sistema:

$$C = 1,414 * 4 = 5,656 \text{ USD/MES}$$

### **Facturación total anual:**

La estimación de la facturación total anual se computa como la suma de todos los cargos calculados, resultando lo siguiente para el año 2020:

Tabla 37: Resumen de facturación anual par a2020

Concepto	Descripción	2020
E	Energía	5.216.321,2
P	Demanda de potencia	559.458,9
C	Comercialización	67,9
<b>FSPEE</b>	<b>TOTAL ANUAL [USD]</b>	<b>5.775.847,9</b>

#### *3.3.2.2 Consumos de agua*

Se han considerado consumos basados en ratios por número de coches (100 m3 por coche y año).

Los costes estimados por m3 de Agua son de USD \$0,72, según datos del Catálogo de Servicios EPMAPS.

#### *3.3.2.3 Consumos de arena*

Se han considerado consumos basados en ratios por kilómetro recorrido.

El coste estimado por km es de USD \$0.24.

### **3.3.3. Otros Gastos Operativos**

Se prevé un valor de un 10% del coste del personal (sin incluir mantenimiento) del sistema para cubrir los costes de materiales, servicios y maquinaria asociados a la operación del servicio.

Se trata por tanto de un valor de US \$ 1,423,716 en 2020, variando los años siguientes en base al aumento de costes operacionales.

### 3.3.4. Mantenimiento de trenes

En cuanto al mantenimiento del material rodante, el coste debe incluir el mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo, la limpieza exterior e interior de las unidades, así como los repuestos.

Es de señalar que gran parte de la duración del contrato los trenes estarán en periodo garantía y no se espera tener que hacer mantenimiento preventivo de ciclo largo.

Además de los costos de personal descritos y justificados previamente, para el cálculo de costes de mantenimiento del material rodante se ha considerado el coste de los repuestos, herramientas y materiales necesarios (no se incluye en esta partida el mantenimiento de la maquinaria de taller).

Para estimar este valor se ha tomado como base el estudio benchmarking incluido en la “Estructuración del modelo tarifario del sistema metropolitano de transporte público de pasajeros de Quito (Producto 1)” de enero de 2017, el supuesto conservador para el primer año de operación en coste total de mantenimiento de material rodante por coche-km de US \$0,365. Si desglosamos este coste, siguiendo el mismo con el criterio de proporcionalidad de esta fuente, obtenemos un valor de US \$0.309 coche-Km para repuestos.

Con estas hipótesis el coste total de mantenimiento de material rodante propuesto se incluye en la siguiente tabla.

Tabla 38: Costos mantenimiento material rodante

Costos mantenimiento material rodante	2020
Personal mantenimiento Material Rodante	\$1,973,323.67
Medios materiales y otros servicios	\$3,755,708
<b>Costo Total mantenimiento Material Rodante</b>	<b>5,729,031 USD</b>
<i>Costo/coche - Km</i>	<i>0.49</i>
<i>%/Total</i>	<i>15%</i>

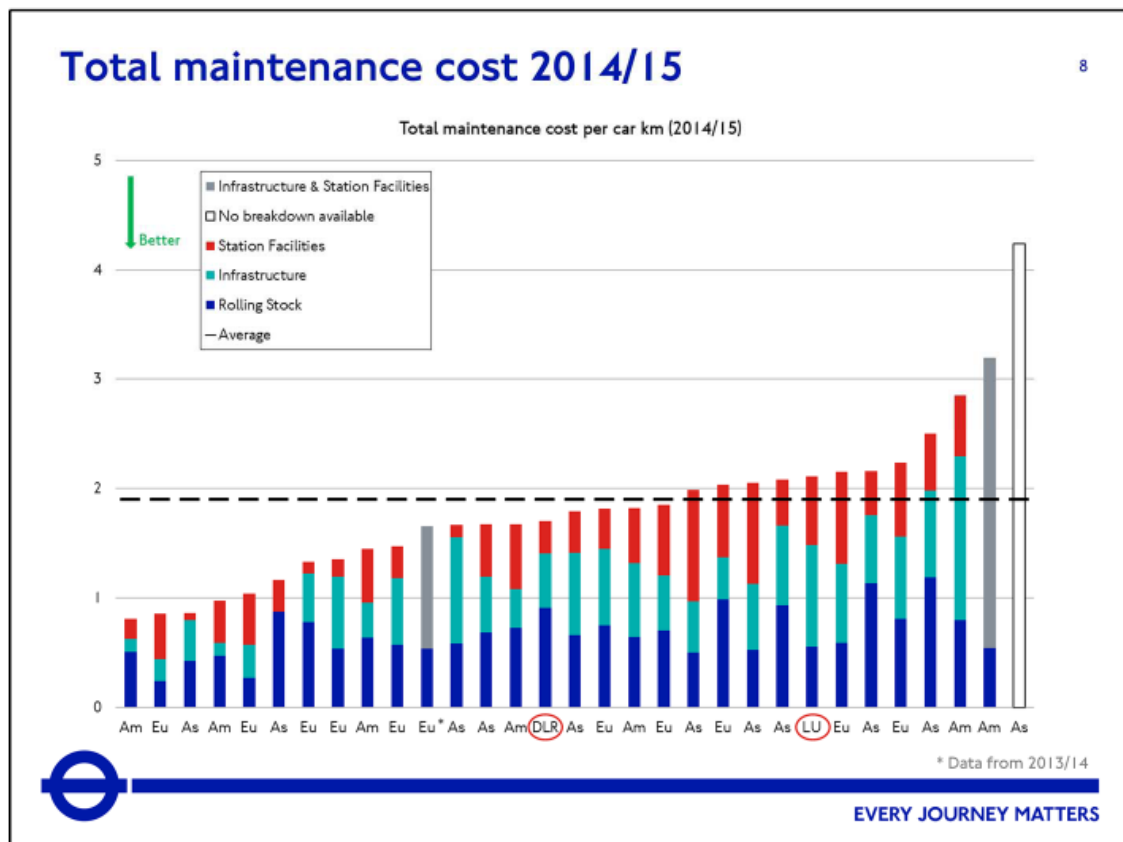
En relación a estos costes, tomando como base los antecedentes descritos previamente, se llega a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo al estudio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires FIUBA y a la revisión y análisis del cálculo de la tarifa técnica del servicio de subterráneos de Buenos Aires, se considera unos costos en mantenimiento de material rodante e instalaciones (materiales y prestaciones de terceros) del 12.8% del costo total de explotación. En este caso es un poco superior, pero es de señalar que se trata de un mantenimiento muy especializado y requerirá de recursos extranjeros al menos durante la primera etapa del contrato.
- En el informe independiente de revisión de la información contable de la Concesión Metroviaria de Rio de Janeiro S.A. se describe un costo de mantenimiento de material rodante del 16% con respecto al total del costo de

explotación. En el caso de Quito se está considerando un 15% por lo que son del mismo orden de magnitud.

- Por otro lado, analizando el estudio de benchmarking de CoMET and Nova Group Metros, se puede observar que los valores de mantenimiento de material rodante toman un valor medio cercano a 0,6 USD (2015) por coche km. Es un valor ligeramente superior al estimado, pero dentro del mismo orden de magnitud si se considera que en Quito el material rodante es nuevo y estará en garantía durante los 2 primeros años de operación.

Gráfico 6: Benchmarking costes mantenimiento



### 3.3.5. Mantenimiento de infraestructura, vía e instalaciones

En el mantenimiento de infraestructura, vía e instalaciones se incluye todo el mantenimiento a excepción del mantenimiento del material rodante.

Es de señalar que, salvo en algunos elementos más específicos de metro (sistemas ferroviarios, herramientas de taller, etc.), en muchos casos podrá existir personal ecuatoriano con la experiencia necesaria para realizar el mantenimiento de forma adecuada.

Para el cálculo de este coste se ha considerado el siguiente desglose:

- Mantenimiento Infraestructura, vía e instalaciones
- Mantenimiento de escaleras mecánicas y elevadores (se considera una subcontrata)

Obteniéndose los siguientes valores:

Al igual que en el caso del material rodante, el coste se ha dividido entre coste de personal y costes de materiales, servicios subcontratados y repuestos. En el caso de las escaleras mecánicas y ascensores por tratarse de un equipamiento con unas características de mantenimiento específicas se propone una subcontratación total del mantenimiento a una empresa especializada.

Tabla 39: Costos mantenimiento infraestructura, vía e instalaciones

Costos mantenimiento infraestructura, vía e instalaciones	2020
Personal Mantenimiento Infra, vía e instalaciones	\$5,182,348.14
Mantenimiento infra, vía, instalaciones y maquinaria (sin personal)	\$4,822,038.08
Mantenimiento escaleras mecánicas y ascensores (subcontrata)	\$626,720.00
<b>Costo Total mantenimiento infra, vía e instalaciones</b>	<b>10,631,106</b>
<i>Costo/coche Km</i>	<i>0.92</i>
<i>%/Total</i>	<i>28%</i>

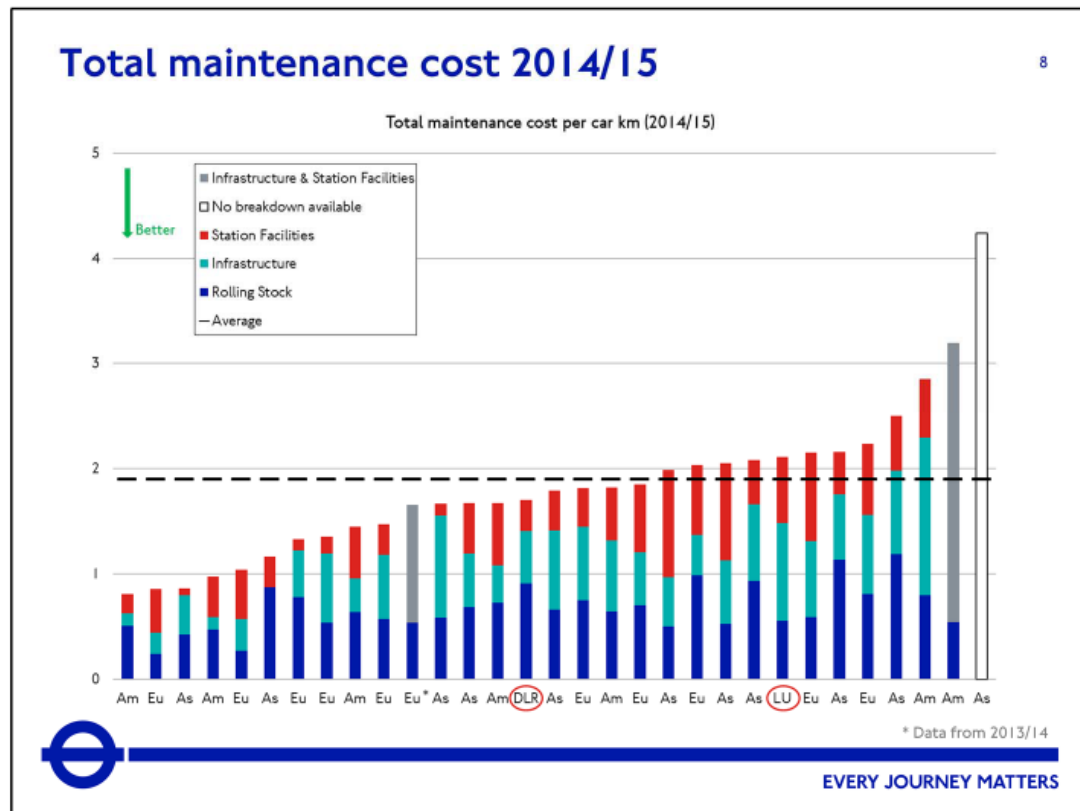
Analizando el estudio de benchmarking de CoMET and Nova Group Metros, se puede observar que los valores de mantenimiento de infraestructuras y estaciones toma un valor medio cercano a 0,85 USD (2015) por coche km si se consideran las líneas con un coste de mantenimiento total inferior a 2 USD por coche km. Es un valor ligeramente inferior al estimado, pero dentro del mismo orden de magnitud.

En el caso particular de TMB, el mantenimiento de infraestructura representa un valor de 0.62 USD/coche-km (sin incluir mantenimiento de talleres). Pese a no incluir talleres representa un valor en cierta medida inferior. Este número se refiere a una infraestructura con un gran número de líneas consolidada y en funcionamiento hace muchos años por lo que tiene sentido que se alcancen valores inferiores. Por otro lado, como se ha señalado previamente, el potencial ahorro que cabría esperar en Quito por la

mano de obra, no se materializa de forma sensible en este caso por ser una operación que requerirá de alto nivel de formación por parte de personal extranjero.

Adicionalmente es de señalar que este coste representa prácticamente el 60% del coste total del mantenimiento, lo que se confirma también en la mayor parte de los casos previstos.

*Gráfico 7: Benchmarking costes mantenimiento*



### 3.3.5.1 *Mantenimiento Infraestructura, vía e instalaciones*

Para el cálculo de los costes asociados al material, maquinaria y servicios necesarios para el desarrollo del mantenimiento de la infraestructura, maquinaria, vía e instalaciones se ha previsto un ratio de \$221,123.0 por Km de línea extraído del documento “Estructuración del modelo tarifario del sistema metropolitano de transporte público de pasajeros de Quito (Producto 1)” de enero de 2017 (se suman los ratios considerados para estas actividades). Tal y como se ha demostrado previamente, esta hipótesis nos permite alcanzar un valor total de mantenimiento (1,5 USD/ coche – km) dentro del orden de magnitud esperado para este sistema. Adicionalmente se ha contrastado con otros valores (Metro de Sevilla y TMB).

### 3.3.5.2 *Mantenimiento escaleras mecánicas y ascensores*

El cálculo del coste de mantenimiento para escaleras mecánicas y ascensores se realiza de manera unitaria en base a una estimación de coste de mantenimiento anual por unidad y el número de unidades de cada elemento. En este sentido, se han tenido en cuenta los costes unitarios siguientes:

- Escaleras rodantes y elevadoras: USD \$5,480.00 por escalera y año

- Ascensores: USD \$6,000.00 por ascensor y año

Se ha optado por un ratio conservador considerando un valor medio entre los ratios europeos que se disponen (Metro de Granada, TMB, Metro de Madrid) y los costos señalados en el documento “Estructuración del modelo tarifario del sistema metropolitano de transporte público de pasajeros de Quito (Producto 1)”.

### **3.3.6. Limpieza**

Dentro de la limpieza se considera la limpieza no técnica de las instalaciones y del material rodante. Para esto se prevé la subcontratación de una empresa de servicios ecuatoriana.

Para realizar la estimación del coste de limpieza se consideran los ratios utilizados en el en el documento “Estructuración del modelo tarifario del sistema metropolitano de transporte público de pasajeros de Quito (Producto 1)” por tratarse de un coste particularizado para este proyecto y estar dentro del orden de magnitud esperado para este servicio en Ecuador:

- 77,600 USD/estación al año.
- 23,700 USD/tren al año.

Con estas hipótesis se estima un coste en el año 2020 de \$1,586,000.

### **3.3.7. Seguros y previsión por vandalismo**

En este apartado se tratan los costes referentes a los seguros y los costes adicionales que puedan ser causado por actos vandálicos sobre la línea y el material rodante. Las estimaciones están basadas, en su mayoría, en ratios de explotación y mantenimiento tanto en Latinoamérica como en Europa.

#### *3.3.7.1 Seguros*

Estos costes son los referentes a la protección contable por medio de seguros de trenes, infraestructura y demás activos de la línea. En este ámbito, el ratio de coste utilizado incluye todos los seguros necesarios para llevar a cabo la explotación del sistema como son el seguro de Responsabilidad Civil, de Material Rodante(trenes), Incendio, Robo, etc.

Tomando como referencia la “Estructuración del modelo tarifario del sistema metropolitano de transporte público de pasajeros de Quito (Producto 1)” de enero de 2017, se consideran necesarias las siguientes pólizas:

- Responsabilidad civil: con base en la siniestralidad de la flota cubre gastos médicos de los casos que requieren atención hospitalaria, con una tasa de 1% sobre el valor asegurado.
- Trenes y Maquinaria: que cubre la flota con una tasa anual de 0,4% del valor de los trenes. La póliza cubre los daños o pérdidas que sufran los bienes asegurados o parte de los mismos como consecuencia de un evento accidental.



- Vehículos auxiliares: cubre el valor de vehículos auxiliares de la operación con una tasa de 2,2% anual.
- Incendio y líneas aliadas: Cubre el valor de edificios, herramientas, maquinaria y mobiliario con una tasa de 0,1% anual sobre el total del valor de estos activos.
- Equipo electrónico: Incluye el valor de todos los dispositivos instalados en, estaciones y talleres, con una tasa anual de 0,8% sobre el valor asegurado.
- Robo y/o asalto/hurto: cubre el valor de los activos del taller de la entidad con valor de reposición a nuevo, con una tasa anual de 1,2% sobre el valor asegurado.
- Fidelidad: cubre el valor del flujo de caja diaria de la entidad, este valor se encuentra autorizado por la contraloría general del estado, la tasa de esta póliza es de 1,5% sobre el valor asegurado. Esta póliza corre por cuenta del socio estratégico del SITP-Q si este sistema es implementado.
- Dinero y valores: esta póliza cubre un valor equivalente al mayor cumulo de dinero que permanece en bóvedas, con una tasa de 0,7% sobre el valor asegurado. Esta póliza corre por cuenta del socio estratégico del SITP-Q si este sistema es implementado.
- Transporte interno de valores: cubre el valor promedio de efectivo que es transportado diariamente, con una tasa de 2% anual. Esta póliza corre por cuenta del socio estratégico del SITP-Q si este sistema es implementado.

En base a las consideraciones anteriormente descritas se ha calculado el valor de los seguros y se ha obtenido el siguiente coste anual para el primer año de operación.

Tabla 40: Costes de seguros

<b>SEGUROS</b>	<b>2020</b>
Responsabilidad Civil	\$200,000.00
Trenes y maquinaria	\$734,400.00
Vehículos auxiliares	\$57,524.72
Incendio y Líneas Aliadas	\$1,638,060.00
Equipo electrónico	\$1,310,448.00
Robo, Asalto, Hurto	\$109,824.00
Fidelidad	\$3,400.46
Dinero y valores	\$1,586.88
Transporte interno	\$4,533.94

Es de señalar que el importe de seguros final dependerá de las características de la póliza contratada.

### 3.3.7.2 *Previsión por vandalismo*

Los costos asociados al vandalismo pueden ser abordados de distinta manera dependiendo del tratamiento que quiera darle el futuro socio estratégico encargado de la O&M, las principales opciones son descritas a continuación:

- Contratar un seguro con unas determinadas coberturas que dependerán de los riesgos que quiera asumir el futuro socio estratégico y los requisitos de calidad solicitados.
- Subcontratar servicios de corrección de actos vandálicos (Pintura, grafitis, acabados en acero inoxidable, vidrios, etc.). Al igual que la opción de la aseguradora, los costos de esta prestación variarán dependiendo de los riesgos que quiera asumir el futuro socio estratégico y los requisitos de calidad solicitados.
- Realizar las tareas de mantenimiento internamente por el personal del socio estratégico encargado de la operación.

Adicionalmente, las tasas de sucesos vandálicos pueden ser muy distintas dependiendo del lugar, política de acceso a las instalaciones, presencia de personal de seguridad privada, etc. En el caso que nos ocupa, se considera que los primeros años de explotación los actos vandálicos serán más comunes, hasta que se puedan identificar los puntos débiles de seguridad y se normalice la existencia de una nueva línea en la ciudad.

En base a lo descrito anteriormente, tomando una hipótesis conservadora, se considera que los costos de vandalismo en estos años serán equiparables a los costos de subcontratación de este tipo de mantenimiento en líneas europeas en servicio. Se toma como referencia, por tanto, el pliego de TMB para mantenimiento de desperfectos de vandalismo: graffiti, scratching y elementos de acero inoxidable de 2010, donde se considera la subcontratación de los servicios de mantenimiento de vandalismo para las diferentes líneas de TMB. Este pliego valora el coste de subcontratación tanto en lo referente a mantenimiento de estaciones como de Material Rodante. Tras el ajuste del IPC y el cambio de moneda se consideran los siguientes costes por subcontratación:

- Coste de subcontratación anual por tren: US \$2,860
- Coste de subcontratación anual por estación: US \$7,826

### 3.3.8. **Costos pre-operacionales**

En cuanto a los costos de esta fase, se considera que se dispondrá de, al menos, 9 meses para la misma, de modo que los cálculos de costes parten de esta hipótesis temporal.

Durante el periodo de pre-operación, el futuro socio estratégico, además de realizar todas las tareas características de esta etapa de cara a iniciar el servicio comercial con unos niveles de seguridad y calidad adecuados, tendrá que familiarizarse con el sistema

y revisar el correcto funcionamiento de todos los equipamientos que lo configuran, hasta ahora, en su gran mayoría, desconocidos al tratarse de una línea nueva.

De cara a estimar los costos de esta fase, se ha trabajado con la hipótesis de analizarla por trimestres, teniendo en cuenta que cada trimestre tendrá unas implicaciones distintas en costes dadas las particularidades de las tareas a realizar.

No han sido considerados los costos de ningún equipo de supervisión al socio estratégico por parte de Metro de Quito. Estos costos estarán dentro del alcance de Metro en caso de considerarlo necesario.

#### *3.3.8.1 Primer trimestre de pre-operación*

En este primer trimestre, el socio estratégico aún no será el responsable de las instalaciones, por lo que no deberá asumir los costos asociados a consumos, mantenimiento, etc. En esta etapa el responsable del sistema será el Constructor. En este sentido, se ha considerado que una parte del personal del socio estratégico en este trimestre acompañe a Metro en las tareas de recepción del sistema, permitiendo así una transición directa entre el constructor/instalador y el socio estratégico al final del mismo.

Durante esta etapa están previstas las siguientes tareas, en relación a su implicación en el cálculo de costes:

- Confirmación del socio estratégico elegido y contratación de los puestos de gerencia y responsables de explotación.
- Redacción del Proyecto de Explotación, de los Manuales de operación y de los Manuales de los distintos puestos de trabajo.
- Acompañamiento a Metro en la etapa de pruebas y recepción del sistema. Para ello se prevé un equipo de especialistas conformado por los futuros responsables de área de operación y mantenimiento.
- Labores de RRHH para la contratación de personal y redacción del Plan de Formación.

A efectos de cálculo de costes, sólo están previstos costes de personal, calculados en base a una proporción trimestral del coste anual para los perfiles descritos anteriormente como necesarios para esta fase.

#### *3.3.8.2 Segundo trimestre de pre-operación*

A partir del segundo trimestre, se ha considerado que ya se ha realizado la transferencia de responsabilidad, siendo ya el socio estratégico responsable de las instalaciones, por lo que deberá asumir los costos asociados a consumos, mantenimiento, etc.

Durante esta etapa están previstas las siguientes tareas, en relación a su implicación en el cálculo de costes:

- Contratación y Formación inicial del personal.

- Consumos de tracción (para pruebas y formaciones) y auxiliares.
- Seguros y gastos generales.
- Aprovisionamientos: repuestos y consumibles, herramientas menores de taller, etc., de cara a todos los tipos de mantenimiento.

A efectos de cálculo de costos, se ha considerado que la incorporación y formación del personal se realizará de manera gradual.

En esta fase el socio estratégico encargado de la O&M deberá decidir la carga de horas de formación en línea, los repuestos y consumibles necesarios al inicio de la operación, etc. De cara al cálculo de costes se ha considerado un 50% del valor mensual de cada una de estas partidas con respecto al primer año de explotación.

### *3.3.8.3 Tercer trimestre de pre-operación*

Esta es la fase considerada de Puesta en Marcha del Sistema, la cual incluye ya todas las pruebas de integración y marcha en vacío.

A efectos de cálculo de costes se ha considerado un coste similar al de operación del primer año para estos 3 meses, dado que se realizará una operación al uso, aunque sin viajeros.

## **3.4. Costos Totales de O&M**

A continuación, se incluye la tabla correspondiente al resultado del cálculo realizado para para la presente estimación. La tabla permite ver una relación entre los datos de partida de operación y los costes asociados por año.

Es importante destacar que:

- Estos costes han sido calculados en base a lo descrito en el presente documento
- Los costos son representados en USD 2019 sin impuestos para todos los años representados. Para establecer las actualizaciones anuales y su transformación a costos corrientes, se consideran en el estudio financiero tres indexadores:
  1. Previsión de incremento salarial por año para los costos de personal
  2. Previsión de incremento de costes de energía por año para los costos de consumos
  3. Previsión de incremento de IPC por año para el resto de los costos incluidos en el análisis.
- Partiendo del hecho de que no se ha fijado aún la fecha de inicio de operación definitiva, como hipótesis de partida para el desarrollo de los costos de operación, se han tenido en cuenta años naturales completos desde 2020 en

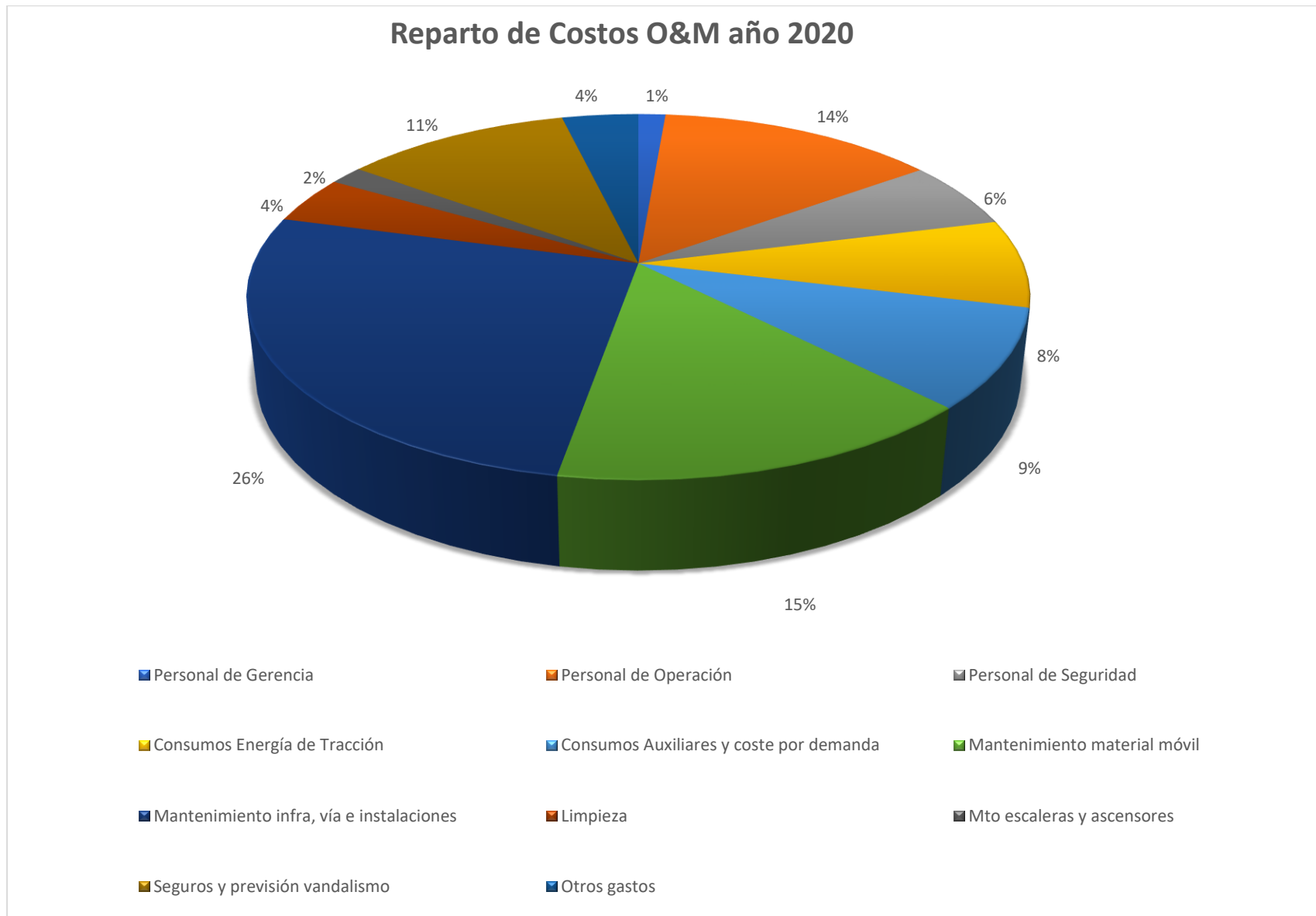
adelante. Es decir, a efectos de cálculo de costos de operación, se ha considerado el 2020 como un año completo de operación.

- En cuanto a los costos de pre-operación, se considera que se dispondrá de 9 meses (tres trimestres) para la misma, de modo que los cálculos de costes parten de esta hipótesis temporal. En tabla de costos se puede observar el desglose por trimestre en base a los criterios descritos anteriormente en el presente estudio.

Tabla 41: Estimación de costos O&M de la PLMQ

DATOS DE PARTIDA	PREOPERACIÓN			2020	2021	2022	2023	2024	2025
	1 <sup>er</sup> Trimestre	2 <sup>o</sup> Trimestre	3 <sup>er</sup> Trimestre						
Longitud de línea (km)	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8
Horas anuales de operación				6016.0	6016.0	6016.0	6016.0	6016.0	6016.0
N° estaciones superficie	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° estaciones subterráneas	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Total estaciones	15	15	15	15	15	15	15	15	15
N° Talleres y cocheras	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kilómetros comerciales totales				1,929,269	1,998,252	2,087,806	2,134,535	2,134,535	2,168,396
Kilómetros totales (5% vacío)				2,025,732	2,098,164	2,192,196	2,241,262	2,241,262	2,276,816
Horas producción comerciales				53,014	53,841	56,124	57,408	57,408	58,225
Horas producción totales (5% vacío)				55,664	56,533	58,930	60,278	60,278	61,136
Trenes operación HP				15	16	18	21	21	21
Unidades reserva y mantenimiento				3	2	0	3	3	3
Total flota	18	18	18	18	18	18	24	24	24
COSTES	PREOPERACIÓN			2020	2021	2022	2023	2024	2025
	1er Trimestre	2° Trimestre	3er trimestre						
Personal de Gerencia	\$126,001	\$126,001	\$126,001	\$504,005	\$504,005	\$504,005	\$504,005	\$504,005	\$504,005
Personal de Operación	\$52,116	\$674,986.69	\$1,297,857.06	\$5,191,428	\$5,211,489	\$5,271,673	\$5,311,795	\$5,311,795	\$5,331,856
Personal de Seguridad		\$283,991.44	\$567,982.89	\$2,271,932	\$2,271,932	\$2,271,932	\$2,271,932	\$2,271,932	\$2,271,932
Consumos Energía de Tracción		\$369,239.50	\$738,479.01	\$2,953,916	\$3,054,046	\$3,185,084	\$3,232,703	\$3,232,703	\$3,292,521
Consumos Auxiliares y coste por demanda		\$414,485.45	\$828,970.90	\$3,315,884	\$3,333,267	\$3,355,835	\$3,370,203	\$3,370,203	\$3,378,736
Mantenimiento material rodante	\$122,928	\$716,128.91	\$1,432,257.82	\$5,729,031	\$5,863,320	\$6,037,656	\$6,128,624	\$6,128,624	\$6,194,540
Mantenimiento infra, vía e instalaciones		\$1,250,548.28	\$2,501,096.55	\$10,004,386	\$10,004,386	\$10,004,386	\$10,004,386	\$10,004,386	\$10,004,386
Limpieza		\$198,249.99	\$396,499.98	\$1,586,000	\$1,586,000	\$1,586,000	\$1,726,667	\$1,726,667	\$1,726,667
Mto escaleras y ascensores		\$78,340.00	\$156,680.00	\$626,720	\$626,720	\$626,720	\$626,720	\$626,720	\$626,720
Seguros y previsión vandalismo		\$528,582.71	\$1,057,165.42	\$4,228,662	\$4,228,662	\$4,228,662	\$4,490,622	\$4,490,622	\$4,490,622
Otros gastos		\$177,964.55	\$355,929.11	\$1,423,716	\$1,437,474	\$1,458,853	\$1,469,064	\$1,469,064	\$1,477,905
<b>Total Costos</b>	<b>\$301,046</b>	<b>\$4,818,519</b>	<b>\$9,458,920</b>	<b>\$37,835,680</b>	<b>\$38,121,301</b>	<b>\$38,530,804</b>	<b>\$39,136,719</b>	<b>\$39,136,719</b>	<b>\$39,299,889</b>
Costo O&M por Km comercial (\$US/Km)				\$19.61	\$19.08	\$18.46	\$18.34	\$18.34	\$18.12
Coste O&M coche - Km (\$US/coche Km)				\$3.27	\$3.18	\$3.08	\$3.06	\$3.06	\$3.02

Gráfico 8: Distribución de costos O&M



### 3.5. Costos fijos y variables

En el mecanismo de pagos se establece una fórmula de pago por km de servicio basada en dividir los costos O&M estimados por los km de servicio previstos. La realidad de la operación indica que estos km pueden verse modificados en mayor o menor proporción a lo largo del año, ya sea por exigencias de una mayor demanda ya por servicios no previstos.

Por ello, es necesario estimar los costos variables y su porcentaje sobre los costos totales O&M. Los km adicionales no considerados inicialmente se retribuirán aplicando un coeficiente que incorpore los costos variables, hasta un incremento determinado, superado el mismo se deberá revisar el coeficiente de retribución total ya que el aumento de producción puede afectar también a los costos fijos.

Los costos variables considerados son:

- Personal de operación
- Consumo de energía de tracción
- Una parte del consumo de auxiliares
- Mantenimiento de material rodante, sin tener en cuenta el personal

La tabla adjunta indica los costos variables en los años de servicio y su porcentaje sobre los costos totales. Asimismo, se indica el costo por km de servicio

Tabla 42 Estimación de costos variables

<b>COSTES</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
Personal de Operación	\$5,191,428	\$5,211,489	\$5,271,673	\$5,311,795	\$5,311,795	\$5,331,856
Consumos Energía de Tracción	\$2,953,916	\$3,054,046	\$3,185,084	\$3,232,703	\$3,232,703	\$3,292,521
Consumo auxiliares variables	\$1,053,478	\$1,070,862	\$1,093,430	\$1,107,798	\$1,107,798	\$1,116,330
Mantenimiento material rodante	\$3,755,708	\$3,889,997	\$4,064,332	\$4,155,300	\$4,155,300	\$4,221,216
<b>Total costos FIJOS</b>	<b>\$24,881,149</b>	<b>\$24,894,907</b>	<b>\$24,916,286</b>	<b>\$25,329,124</b>	<b>\$25,329,124</b>	<b>\$25,337,965</b>
<b>Total costos VARIABLES</b>	<b>\$12,954,530</b>	<b>\$13,226,394</b>	<b>\$13,614,518</b>	<b>\$13,807,595</b>	<b>\$13,807,595</b>	<b>\$13,961,924</b>
<b>VARIABLE/ TOTALES O&amp;M</b>	<b>34%</b>	<b>35%</b>	<b>35%</b>	<b>35%</b>	<b>35%</b>	<b>36%</b>
<b>TOTAL O&amp;M</b>	<b>\$37,835,680</b>	<b>\$38,121,301</b>	<b>\$38,530,804</b>	<b>\$39,136,719</b>	<b>\$39,136,719</b>	<b>\$39,299,889</b>
<b>Coste/ KM comercial (\$US/Km)</b>	<b>\$19.61</b>	<b>\$19.08</b>	<b>\$18.46</b>	<b>\$18.34</b>	<b>\$18.34</b>	<b>\$18.12</b>
<b>Costo variable/KM comercial (\$US/Km)</b>	<b>\$6.71</b>	<b>\$6.62</b>	<b>\$6.52</b>	<b>\$6.47</b>	<b>\$6.47</b>	<b>\$6.44</b>



## **4. Justificación de indicadores de seguimiento**

La prestación de los servicio del Metro de Quito debe llevarse a cabo en las condiciones que permitan ofrecer un servicio de calidad a los usuarios, garantizando las máximas prestaciones en cuanto a la seguridad de las personas y de los bienes de la operación, respetando los estándares internacionales de operación, seguridad y calidad que regulan la explotación las líneas ferroviarias de características similares, tendiendo siempre a incrementar el grado de satisfacción de los usuarios y en cualquier caso cumpliendo todas las disposiciones relacionadas con la prestación del servicio que se establecen en los reglamentos, leyes y disposiciones aplicables.

Los parámetros de calidad y capacidad para la garantía del servicio se medirán mediante los indicadores propuestos en el presente epígrafe.

El incumplimiento de estos indicadores por desviaciones de los estándares de servicio respecto de las bandas de tolerancia especificadas, supondrán la aplicación del régimen de penalidades descrito en el contrato.

La EPMMQ estará facultada a realizar inspecciones que le permitan controlar el cumplimiento de los indicadores, así como a detectar infracciones en el desempeño de la labor de revisión del sistema por parte del socio estratégico.

Los indicadores tienen varios objetivos principales, que marcan su identificación y clasificación:

1. Dirigidos a garantizar la seguridad del sistema ferroviario.
2. Dirigidos a establecer altos indicadores de servicio en cuanto a disponibilidad, puntualidad- regularidad, limpieza, mantenimiento, etc...
3. Dirigidos al usuario y a la evaluación de su nivel de satisfacción con el servicio.
4. Dirigidos a garantizar que tanto la infraestructura como el material rodante cumplan con la vida útil estimada para cada componente o vehículo, mediante un mantenimiento preventivo adecuado.
5. Dirigidos a garantizar el respeto del sistema ferroviario al medio ambiente

Las características esenciales de los indicadores a elegir para su inclusión en los proyecto técnico deben ser al menos las siguientes:

- Indicadores sencillos, y fácilmente cuantificables.
- Representativos de las características del servicio.
- No solapables ni redundantes.
- Basados en la premisa de garantizar:

- La seguridad para los pasajeros
  - la disponibilidad del servicio
  - la satisfacción del cliente
  - el cumplimiento de la vida útil del material rodante, vía e instalaciones
  - La sostenibilidad medioambiental
- Se definirán desde las cinco dimensiones señaladas:
    - Seguridad
    - Desempeño de la línea.
    - Calidad del servicio (desde el punto de vista del cliente).
    - Cumplimiento de vida útil
    - Medio ambiente
  - Los indicadores de calidad seguirán las especificaciones de la UNE – 13816 de Certificación del servicio de Transporte Público de Pasajeros

### **Aspectos contractuales**

En cuanto a los aspectos contractuales y el contrato de operación serán importantes las siguientes características:

- a) **Posibilidad de Medición** diaria, en horas pico y valle, con ponderación en función de la demanda real, a nivel de vestíbulo (si es representativo), estación, línea y red, con unos valores mínimos que garanticen que en los períodos del día o tramos con pocos usuarios no se “abandone” el servicio.
- b) **Cálculo y liquidación.** Cálculo de penalizaciones mensual y liquidación mensual o trimestral. Se recomienda una revisión mensual pero los valores de las encuestas de satisfacción que se efectuarían cada un período acordado (por ejemplo, 6 meses se mantendrían por cada periodo trimestral).
- c) **Periodo de Carencia** se establecería un periodo de carencia para la aplicación de penalizaciones basadas en la medición de los indicadores establecidos en el contrato (podría ser de 6 meses), de forma que se obvien los problemas que puedan suscitarse al inicio de la operación comercial y se “engrase” la puesta en marcha de todo el sistema. Se deben fijar unos objetivos a cumplir en el contrato de acuerdo con criterios de calidad normalmente existentes en explotaciones similares.

- d) **Penalizaciones o bonificaciones.** A decidir. Se recomienda sólo marcar penalizaciones, no se establecerán bonificaciones con limitación del % máximo de penalizaciones.
- e) **Indicadores del desempeño** medidos directamente a través de sistemas informáticos; por ejemplo, CTC y de sistemas de gestión SAP o similar o de sistemas de inspección del estado de las instalaciones. En este grupo se encuentran los indicadores de fiabilidad y disponibilidad relativos al desempeño del mantenimiento y el de regularidad (retrasos) relativo al desempeño de la operación. En ambos casos se recomienda que estén ponderados por el número de usuarios de cada estación en el caso de las instalaciones de estación o con el tipo de periodo HP/HV en el caso de los trenes e instalaciones de túnel. La mayor parte de estos indicadores se pueden obtener automáticamente y se aconseja hacer un seguimiento diario de los principales indicadores para detectar problemas puntuales o evoluciones de problemas de los diferentes sistemas e instalaciones.
- f) Ambas partes pueden recibir un reporte diario del estado. Lógicamente, esto requerirá ajustes que, adecuadamente justificados, puedan dar lugar a cambios/correcciones a favor del socio estratégico, generalmente, en los reportes “automáticos”. Con los sistemas actuales, la Administración debe tener toda la información.
- g) **Indicadores de calidad frete al usuario.** La inspección de la calidad del servicio se medirá mediante sondeos de satisfacción del cliente e información recibida en el PCC, así como las inspecciones en campo realizadas por personal propio. **Indicadores de Satisfacción del Cliente** basados en encuestas a los usuarios en las que reflejan su percepción del servicio. Se recomiendan metodologías como las que contempla la norma UNE 13.816 y los aspectos en ella considerados.
- h) Existe la posibilidad de ponderar los indicadores para el cálculo de cada uno de los indicadores sobre desempeño o calidad generales final, aunque debería ser calibrado con anterioridad.

En cuanto a la definición de los indicadores específicos, se propone su agrupación en 5 grandes grupos según a los parámetros a los que hace referencia, resumidos en el siguiente cuadro y desarrollados a continuación

PARÁMETRO	INDICADORES
<b>Seguridad</b>	Nº accidentes/mes
	Nº accidentes/servicio
	Cumplimiento de los planes de mantenimiento
	Cumplimiento del Reglamento Operativo

<b>Desempeño de la línea</b>	Cumplimiento de oferta
	Trenes despachados
	Índice de disponibilidad del servicio
	Índice de disponibilidad de instalaciones referentes a la operación
	Índice de regulación
	Tiempo de paro
<b>Calidad y Satisfacción del usuario</b>	Índice de disponibilidad de instalaciones de las estaciones
	Satisfacción de usuario referente a los 8 criterios de la UNE-13816
	Nº de Reclamaciones
<b>Cumplimiento de la vida útil del material rodante, vía e instalaciones</b>	Cumplimiento de los planes de mantenimiento
<b>Medio Ambiente, Seguridad y Salud ocupacional</b>	Cumplimiento de normativa

EMPLMQ estará facultada a realizar inspecciones que le permitan detectar incumplimientos por parte del socio estratégico. Estas inspecciones podrán ser, programadas en cuanto a fecha y lugar, aleatorias o estadísticas.

Las inspecciones programadas que por su naturaleza o por las condiciones de acceso u horarios en que deban ser realizadas, deban contar con el acompañamiento de personal del socio estratégico, las mismas serán formalmente notificadas en cuanto a su alcance como mínimo con cuarenta y ocho (48) hs. de anticipación. Asimismo, si pese a la presencia de un representante del SOCIO ESTRATÉGICO, la inspección no puede ser realizada por falta de personal idóneo de la misma para que habilite el bien a inspeccionar, la inspección se considerará observada, siendo pasible de la multa correspondiente a cada caso.

#### **4.1. Indicadores de seguridad**

Se debe analizar el cumplimiento del Plan Operacional y de todas las instrucciones y normas asociadas en lo referente a los aspectos de seguridad. Se realizará esta evaluación mediante el cumplimiento de un checklist que recoja punto por punto todas las revisiones necesarias para el cumplimiento total y que se definirá con el socio estratégico al comienzo del contrato

El socio estratégico se obliga, para satisfacer las necesidades del usuario y dar cumplimiento con lo prescrito por el contrato, a mantener en perfectas condiciones de mantenimiento todos los aspectos que se refieren a la seguridad, seguridad operativa y calidad del Servicio.

Se registrará el N° de accidentes e incidentes por período periodo temporal o por servicio, así como su evolución anual y las causas de cada uno de ellos

En cuanto a los aspectos de seguridad del viajero será necesario tener un control del Número de eventos relacionados con las personas / período o viajeros (Número de eventos relacionados con las personas/Número de viajeros mes) producidos en las instalaciones del Metro de Quito.

## **4.2. Indicadores de desempeño de la línea**

Los indicadores de desempeño serán la base para la remuneración del socio estratégico y la imputación de penalidades.

Los conceptos esenciales manejados en estos indicadores serán los siguientes:

- Coches x km: suma de los kilómetros recorridos por todos los coches de las diferentes composiciones que forman parte de los trenes contemplados en el periodo. Para obtenerlos se multiplica la distancia recorrida por un tren por todos los coches que lo componen.
- Coches x km comerciales: suma de los kilómetros recorridos por todos los coches de las diferentes composiciones que forman parte de los trenes contemplados en el periodo transportando viajeros. Para obtenerlos se multiplica la distancia recorrida por un tren en servicio comercial por todos los coches que lo componen.
- Coches x km comerciales previstos: Es el número de coches x km programados con viajeros, que resulta del cálculo realizado a partir de la tabla horaria de trenes planificada y según unos tiempos de recorrido teóricos para el periodo establecido.
- Coches x km comerciales realizados: Es el número de coches x km realizados con viajeros en el periodo objeto de estudio. No podrán superar en más de un 1% los coches-km comerciales previstos y autorizados por la Administración.
- Precio del coche x km: es el precio por unidad de coche x km incluido en la oferta económica del socio estratégico.

La remuneración del socio estratégico se realizará en función del cumplimiento de los coches x km aprobados por la Administración por período horario, día, semana y mes, considerando los indicadores de calidad asociados.

### Cumplimiento de la oferta

Este indicador se define como cxkm recorridos a lo largo del día respecto de los cxkm planificados, considerados, en ambos casos, como los necesarios para poder cubrir el servicio de viajeros previsto.

El nivel de exigencia de este indicador se fija en el 98%:

La fórmula de cálculo básica es la siguiente:

$$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\Sigma \text{CochesxKm realizados}}{\Sigma \text{CochesxKm previstos}} \times 100$$

El indicador se calcula diariamente

El cumplimiento se calcula con la suma de los cochesxKm realizados en el periodo a estudio entre la suma de los cochesxKm planificados para dicho periodo.

Se tienen en cuenta todos los trenes en circulación con viajeros, incluidos los km de maniobra en las cabeceras de las líneas (inicio o fin de línea o estaciones intermedias que por necesidades de operación estén haciendo las funciones de cabecera).

Se excluyen para el cálculo los días anormales que pueden ser por huelga o por circulación alterada provocada por suspensiones de servicio no programadas.

Se establecerán y aprobarán los protocolos de comunicación que, tanto en la explotación diaria como durante situaciones excepcionales, permitan garantizar la óptima coordinación del conjunto de sistemas de transporte público.

El desglose mensual de las previsiones de producción de coches-kilómetro esperados se aprobará por la Autoridad, si bien en el último trimestre de cada año de vigencia del contrato se revisará la distribución mensual del año inmediatamente posterior, teniendo en cuenta las circunstancias existentes en dicho momento, con el objeto de adaptar la oferta a la demanda prevista.

Índice de regularidad de intervalo. Se considerará intervalo excedido cuando el tiempo transcurrido entre el despacho de dos trenes consecutivos desde cualquiera de las estaciones supere al intervalo programado correspondiente al momento de la realización de ese despacho, más una tolerancia del diez por ciento (10%) adicional al valor de dicho intervalo. Los intervalos entre trenes se medirán en todas las estaciones.

Tiempo de paro Se medirá el tiempo en el que el carrusel en su totalidad, está detenido debido a una incidencia, sea cual sea la causa.

Disponibilidad / Fiabilidad de las instalaciones relacionadas con la circulación. Este indicador se regirá por lo especificado en el documento de Directrices para el diseño del Plan de Mantenimiento.

Disponibilidad / Fiabilidad de la flota. La disponibilidad de la flota ha de ser al menos un 97%

Este indicador se regirá por lo especificado en el documento de Directrices para el diseño del Plan de Mantenimiento.

### **4.3. Indicadores de calidad y satisfacción del usuario**

Indica el nivel de satisfacción percibida por el Usuario y se medirá por la valoración realizada por los usuarios a través de encuestas sobre los diversos parámetros que definen la calidad del servicio, indicados en el Contrato de la Operación.

Disponibilidad / Fiabilidad de las instalaciones de las estaciones.

Este indicador se regirá por lo especificado en el documento de Directrices para el diseño del Plan de Mantenimiento.

Nº de reclamaciones. El indicador propuesto para el número de reclamaciones sugiere tener menos de 60 reclamaciones por millón de pasajeros anuales, y además la evolución debe ser descendente. El tiempo promedio de respuesta a las reclamaciones debe ser menor a 15 días.

La satisfacción del usuario se medirá referente a los 8 criterios de la UNE-13816:

- Limpieza.
- Iluminación.
- Confort.
- Seguridad.
- Calidad del servicio.
- Atención del personal.
- Comunicación e información.
- Equipos de venta y validación.

El socio estratégico realizará anualmente una encuesta de satisfacción con los resultados del servicio que permita obtener dicho índice con diferentes niveles de desagregación.

Se establecen umbrales de satisfacción mínimos a diferentes niveles de agregación:

- ICP para el conjunto de la red: deberá alcanzar un nivel mínimo de 7,5 puntos.
- ICP por aspecto: El valor mínimo del ICP por aspecto debería ser 7 puntos.

En caso que no se alcanzase el ICP mínimo exigido en cada una de las agregaciones referidas, el socio estratégico deberá elaborar un informe con un análisis de las causas de la valoración y un plan de acciones correctivas tendentes a mejorar las desviaciones producidas sobre el nivel de exigencia establecido.

Se deberá complementar con inspecciones aleatorias con checklist que comprueben la disponibilidad de los servicios. Distribución de derechos y obligaciones de las partes

En el caso específico de la limpieza, la evaluación de la misma se realizará según lo especificado en el documento de Directrices para el diseño del Plan de Mantenimiento.

#### **4.4. Indicadores referentes al cumplimiento de la vida útil del material rodante, vía e instalaciones**

Se podrían aplicar penalidades por cada día de demora en el mantenimiento programado. Además, se podrá controlar el kilometraje de cada coche que circula en la línea.

El seguimiento de los planes de mantenimiento debe ser exhaustivo de cara a garantizar el estado de los trenes y de las instalaciones al final del período de operación.

Los indicadores para el seguimiento de este aspecto se encuentran definidos en el documento de Directrices para el diseño del Plan de Mantenimiento.

#### **4.5. Indicadores referentes a medio ambiente**

El socio estratégico realizará un seguimiento del valor de la eficiencia energética y los niveles mínimos de iluminación según los criterios definidos en el documento de Directrices para el diseño del Plan de Mantenimiento.

La EPMMQ realizará inspecciones programadas y eventualmente aleatorias sobre la totalidad de las instalaciones de la red según lo detallado por el PLAN xxx con el objetivo de comprobar el cumplimiento de lo establecido por la legislación vigente y el mantenimiento informado por el socio estratégico.

Las inspecciones se realizarán por medio de un acta en el formato tipo checklist que contendrá indicados los puntos a controlar en una instalación determinada.

De acuerdo al Contrato de Operación, el fraude es la acción de viajar en el servicio de transporte ferroviario sin haber comprado el ticket, afectando los niveles de recaudación,



por lo que es responsabilidad del Socio estratégico implementar los mecanismos adecuados con la finalidad de identificar y controlar el fraude

#### 4.6. Posible carencia en la negociación de KPIs

La siguiente tabla muestra, a título orientativo, un posible punto de partida para una negociación en caso de solicitud por parte del socio estratégico de periodos de carencia para la penalización del cumplimiento de los KPIs. En todo caso, la medición se realizará desde el inicio de la MeB.

	Susceptible de Carencia
Nº accidentes e incidentes/mes	No – accidente Sí – incidente
Nº accidentes e incidentes/servicio	No – accidente Sí – incidente
Cumplimiento de los planes de mantenimiento	No
Cumplimiento del Reglamento Operativo	No
Cumplimiento de oferta	No
Índice de disponibilidad de instalaciones referentes a la operación	Sí
Índice de regularidad	Sí
Tiempo de paro	Sí
Índice de disponibilidad de la flota	No
Índice de disponibilidad de instalaciones de las estaciones	Sí
Satisfacción de usuario referente a los 8 criterios de la UNE-13816	No

Nº de Reclamaciones	No
Cumplimiento de los planes de mantenimiento	No
Cumplimiento de normativa	No

## **5. Puesta en valor**

Se tendrá en cuenta la posible puesta en valor de los bienes patrimoniales relacionados en el anexo correspondiente (pendiente de recibir)