



**REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y  
FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1  
HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON  
LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE  
CONCESIÓN NO. 163 DE 2019**

**ENTREGABLE 5  
PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR (POP)**

Documento No. EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Elaborado por:



---

Bogotá D.C.  
2022

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

## CONTROL DE CAMBIOS

### ÍNDICE DE MODIFICACIONES (Para uso de la Asesoría)

Versión	Fecha	Sección modificada	Observaciones
A	21-04-2022	-	Versión inicial para revisión de FDN / EMB.
B	20-05-2022	Todas	Versión actualizada según comentarios EMB
C	15-06-2022	Todas	Versión actualizada según comentarios EMB / Interventoría
0	08-07-2022	Todas	Versión actualizada según comentarios EMB / Interventoría
1	02-08-2022	Todas	Versión actualizada según comentarios EMB
2	18-08-2022	Todas	Versión actualizada según comentarios EMB

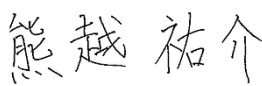


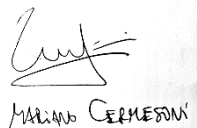
### ÍNDICE DE MODIFICACIONES (Para uso de FDN)

Versión	Fecha	Sección modificada	Observaciones

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

**REVISIÓN Y APROBACIÓN (Para uso de la Asesoría)**

Preparó:  Y. Kumakoshi 18-08-2022	Revisó:  A. Alves 18-08-2022	Revisó:  F. Sanchez C. 18-08-2022	Aprobó:  M. Cermesoni 18-08-2022
Especialista en operación de sistemas ferroviarios	Coordinación SYS	VoBo. Coordinador Técnico	VoBo. Director de la Estructuración

**REVISIÓN Y APROBACIÓN (Para uso de FDN e Interventoría)**

Juan Camilo Pantoja Vela 18-08-2022
Gerente de Estructuración

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	11
1.1.	MARCO CONTRACTUAL	11
1.2.	CONTEXTO DE LA PLMB Y DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1	12
1.3.	MARCO LEGAL	14
2.	GENERALIDADES	15
2.1.	OBJETIVO	15
2.2.	DESCRIPCIÓN DE LA PLMB Y DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1	15
3.	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	19
4.	ANÁLISIS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS DEFINITIVOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB	19
4.1.	PRINCIPIOS OPERACIONALES	19
4.1.1.	Política de operación	19
4.1.2.	Objetivos de producción y de calidad de servicio	20
4.1.2.1.	Producción	20
4.1.2.2.	Calidad de servicio	20
4.1.3.	Objetivos de seguridad de funcionamiento	23
4.1.3.1.	Plan de seguridad	24
4.1.3.2.	Monitoreo de la operación	24
4.1.3.3.	Investigaciones de incidentes	24
4.1.3.4.	Base de datos de incidentes	25
4.1.3.5.	Retroalimentación	25
4.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS ANÁLISIS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS DEFINITIVOS	26
4.2.1.	Características del trazado	26
4.2.1.1.	Sentido de circulación	26
4.2.1.2.	Ubicación de las estaciones	26
4.2.2.	Infraestructura	28
4.2.2.1.	La vía	28
4.2.2.2.	Velocidad comercial y límites de velocidad	29
4.2.2.3.	Terminales	31

4.2.2.4.	Ubicación geográfica del patio-taller	32
4.2.2.5.	Cocheras y máquina de lavado	32
4.2.2.6.	Taller de mantenimiento	32
4.2.2.7.	Posición de transferencia	33
4.2.2.8.	Esquema de talleres y cocheras	33
4.2.3.	Adecuaciones de los sistemas existentes	34
4.2.3.1.	Estacionamiento	34
4.2.3.2.	Adecuación del CCO	36
4.2.3.3.	Adecuación del Taller	36
4.2.3.4.	Adecuación del Sistema de Señalamiento	37
4.2.3.5.	Adecuación del sistema puertas de andén	37
4.2.3.6.	Adecuación de la flota de trenes	37
4.2.4.	Características del servicio	38
4.2.4.1.	Descripción del tren	38
4.2.4.2.	Puesta en servicio	39
4.2.4.3.	Horarios	39
4.2.4.4.	Tipos de servicio comercial	44
4.2.4.5.	Trenes*kilometro	44
4.2.4.6.	Modos de conducción	46
4.3.	CÁLCULOS DE DESEMPEÑO	48
4.3.1.	Definiciones y método	48
4.3.1.1.	Capacidad de la línea	48
4.3.1.2.	Tiempo de estacionamiento en las estaciones	48
4.3.1.3.	Tiempo de retorno en la estación terminal	48
4.3.1.4.	Intervalo mínimo práctico en línea	48
4.3.1.5.	Intervalo mínimo de retorno en la estación terminal	48
4.3.1.6.	Método para el cálculo	48
4.3.2.	Cálculo de desempeño de la línea	50
4.3.3.	Estudios siguientes de evolución de la línea	69
4.3.3.1.	Escenario de máxima capacidad instalada	69
4.3.3.2.	Año 2032	70

4.3.3.3.	Años 2037	71
4.3.3.4.	Año 2042	72
4.3.3.5.	Año 2047	73
4.3.3.6.	Año 2052	74
4.3.3.7.	Resumen de situaciones	75
<b>4.3.4.</b>	<b>Indicadores operacionales</b>	76
4.4.	MODOS DE OPERACIÓN NORMAL	77
4.4.1.	Día de operación	77
4.4.1.1.	Apertura de la línea	77
4.4.1.2.	Preparación de los trenes	77
4.4.1.3.	Inserción de los trenes	78
4.4.1.4.	Operación en servicio comercial	78
4.4.1.5.	Retorno en las terminales	79
4.4.1.6.	Retirada de trenes	79
4.4.1.7.	Cierre de la línea	80
4.4.1.8.	Cierre de las estaciones	81
4.4.2.	Regulación automática del tráfico	81
4.4.2.1.	Regulación de horario automático	81
4.4.2.2.	Intervalo constante	82
4.4.3.	Posiciones de estacionamiento	82
4.4.4.	Limpieza de los trenes	83
4.4.4.1.	Lavado exterior e interior	83
4.4.4.2.	Limpieza interior	83
4.4.4.3.	Solicitud de Intervención	83
4.4.5.	Procedimiento de transferencia modo manual / modo automático	84
4.5.	MODO DEGRADADO	85
4.5.1.	Gestión de incidente	85
4.5.1.1.	Organización general	85
4.5.1.2.	Información al pasajero	86
4.5.1.3.	Naturaleza del incidente	86
4.5.1.4.	Tipo de incidente	87

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

4.5.1.5.	Consecuencias	88
4.5.1.6.	Acciones de repuesta	90
4.5.1.7.	Análisis del incidente	96
4.5.2.	Procedimientos de protección en casos particulares	97
4.5.2.1.	Evacuación	97
4.5.2.2.	Pérdida de energía de tracción	99
4.5.2.3.	Detección de humo o incendio	100
4.5.2.4.	Detección de obstáculos en la vía	101
4.5.2.5.	Personal en las vías para mantenimiento	101
4.5.2.6.	Parada de un tren en estación fuera de su punto de parada	101
4.5.2.7.	Inundaciones y lluvias	102
4.5.2.8.	Sismos	102
TABLA DE DATOS COMUNES		103
1.	APÉNDICES	104
1.1.	Disposición de las puertas	104
1.2.	Demanda de usuarios	105
1.3.	Lista de las tareas de una línea UTO	110
1.4.	Ubicación de los incidentes y consecuencias sobre la operación	114
1.5.	Perfiles de velocidad	121
	Vía 1: N°01-Carrera 96 - N°19	122
	Vía 2: N°19 - N°01-Carrera 96	126

## LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Trazado de la PLMBX .....	16
Ilustración 2: Trazados PLMB y L2MB con punto de interconexión y trazado preliminar de la EXT PLMB (PLMBX) .....	18
Ilustración 3: Plano de vías de la PLMBX.....	29
Ilustración 4: Esquema de vías en la estación terminal N°01-Carrera 96 .....	31
Ilustración 5: Esquema de vías en la estación terminal N°19-Calle100 .....	31
Ilustración 6: Ubicación de las Cocheras y el taller .....	32
Ilustración 7: Esquema de la vía de enlace con el taller, de las cocheras y de la máquina de lavado .....	33
Ilustración 8: Estacionamiento de trenes en horario super valle o fuera de servicio .....	35
Ilustración 9: Estacionamiento de trenes en horario nocturno con paso de trenes de mantenimiento por V1 .....	36
Ilustración 10: Estacionamiento de trenes en horario nocturno con paso de trenes de mantenimiento por V2 .....	36
Ilustración 11: Curva de esfuerzo velocidad del material rodante de la PLMBX .....	39
Ilustración 12: Evolución del intervalo de la línea a lo largo de un día de semana en 2028, según el tipo del día ..	43
Ilustración 13: Método de dimensionamiento de la PLMBX .....	49
Ilustración 14: Número de usuarios durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2028 .....	50
Ilustración 15: Puntos de operación (ejemplo de la terminal N°19 Calle 100).....	56
Ilustración 16: Estudio del intervalo de retorno para el terminal N°01-Carrera 96.....	58
Ilustración 17: Estudio del intervalo de retorno para el terminal N°19 .....	60
Ilustración 18: Inserción de trenes hacia Calle 100 .....	78
Ilustración 19: Retirada de trenes hacia cocheras.....	80
Ilustración 20: Estrategia para la gestión de incidentes.....	85
Ilustración 21: Inyección del tren de reserva desde la terminal Calle 100 .....	89
Ilustración 22: Cambio de vía en servicio provisorio de Calle 72 .....	89
Ilustración 23: Número de usuarios de la PLMBX durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2032 .....	105
Ilustración 24: Número de usuarios de la PLMBX durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2037 .....	106
Ilustración 25: Número de usuarios de la PLMBX durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2042 .....	107
Ilustración 26: Número de usuarios de la PLMBX durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2047 .....	108
Ilustración 27: Número de usuarios de la PLMBX durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2052 .....	109
Ilustración 28: Incidente en Carrera 96.....	115
Ilustración 29: Incidente en Portal Américas.....	115
Ilustración 30: Incidente entre Carrera 80 y Calle 42.....	116
Ilustración 31: Incidente en Kennedy.....	116
Ilustración 32: Incidente entre Boyacá y Carrera 50.....	117
Ilustración 33: Incidente en NQS .....	117
Ilustración 34: Incidente entre Nariño y Calle 10 .....	118
Ilustración 35: Incidente en Calle 26.....	118



Ilustración 36: Incidente entre Calle 45 y Calle 63.....	119
Ilustración 37: Incidente en Calle 72.....	119
Ilustración 38: Incidente en la estación N17 .....	120
Ilustración 39: Incidente entre la estación N18 y N19.....	120

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Referencias.....	10
Tabla 2: Estaciones de PLMBX .....	27
Tabla 3: Restricciones de velocidad en curvas horizontales de PLMBX .....	30
Tabla 4: Estacionamiento de trenes en horario super valle o fuera de servicio .....	35
Tabla 5: Hipótesis sobre el material rodante .....	38
Tabla 6: Evolución del intervalo de línea para intervalo pico de 125" .....	40
Tabla 7: Evolución del intervalo de línea para intervalo pico de 105" .....	41
Tabla 8: Evolución del intervalo de línea para intervalo pico de 100" .....	42
Tabla 9: Misión de operación de la PLMBX.....	44
Tabla 10: Kilometraje anual de la PLMBX para intervalo 105" .....	45
Tabla 11: Kilometraje anual de la PLMBX para intervalo 100" .....	45
Tabla 12: Kilometraje anual de la PLMBX para intervalo 125" .....	46
Tabla 13: PPHPD de la PLMBX en la hora punta para el año 2028.....	51
Tabla 14: Desempeño requerido de la PLMBX en horas punta en 2028 .....	52
Tabla 15: Nivel de confort con intervalo de 105 s, hora punta de la mañana, para el sentido 1 en 2028 .....	52
Tabla 16: Tiempos de estacionamiento durante la hora pico de la mañana en 2028 (intervalo 105 s).....	54
Tabla 17: Intervalo mínimo práctico en línea en 2028 .....	55
Tabla 18: Puntos de operación .....	56
Tabla 19: Tiempo de recorrido en una terminal .....	57
Tabla 20: Tiempos de retorno tras estación para ambas terminales.....	61
Tabla 21: Intervalos mínimos.....	62
Tabla 22: Tiempo de recorrido en el sentido 1 para el año 2028 .....	63
Tabla 23: Tiempo de recorrido en el sentido 2 para el año 2028 .....	64
Tabla 24: Tiempos de recorrida y de estacionamiento para ambas vías, para intervalo 105 s, año 2028.....	66
Tabla 25: Velocidades comerciales, por sentido, año 2028 .....	66
Tabla 26: Tiempo de vuelta redonda .....	67
Tabla 27: Dimensionamiento de la flota.....	68
Tabla 28: Trenes requeridos para capacidad última, intervalo 100 segundos .....	69
Tabla 29: Dimensionamiento de la flota para el año 2032.....	70
Tabla 30: Dimensionamiento de la flota para el año 2037.....	71
Tabla 31: Dimensionamiento de la flota para el año 2042.....	72
Tabla 32: Dimensionamiento de la flota para el año 2047.....	73
Tabla 33: Dimensionamiento de la flota para el año 2052.....	74
Tabla 34: Evolución del intervalo en hora pico, de la flota en circulación y total en el período 2028 a 2052 .....	75
Tabla 35: Indicadores operacionales por día .....	76
Tabla 36: Indicadores operacionales por año.....	76
Tabla 37: Ubicación del incidente y sus consecuencias sobre la operación .....	92

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

CAPEX: Capital Expenditure (Costo de Inversión).

EMB: Empresa Metro de Bogotá.

FDN: Financiera de Desarrollo Nacional.

GoA4: Grade of Automation 4 in standard IEC 62267 (Grado de Automatización 4 en la norma IEC 62267 - para operación automática sin conductor a bordo).

L2MB: Línea 2 del Metro de Bogotá

OPEX: Operational expenditures (Gastos Operativos).

PLMB: Primera Línea del Metro de Bogotá.

EPLMB: Extensión de la Primera Línea de Metro de Bogotá

TdR: Términos de Referencia.

Distancia interestación: Distancia entre dos estaciones y se mide entre los puntos medios de cada ellas.

Headway: Intervalo de Operación que corresponde al tiempo que transcurre entre el paso de un tren y el siguiente.

## REFERENCIAS

Los siguientes documentos han servido de referencia para la elaboración de este documento.

Tabla 1: Referencias

Ref. N°	Ref. ID número	Ref. Descripción
R1	DemandaDiseño-v03.xlsx, 220707_Expansión abordajes por estación_v1.0.xlsx	Estudio de demanda de la PLMBX elaborados por Steer, UT Systra - Ingetec el 14/05/2022 y el 07/07/2022.
R2	EPLMB-EML-PL-ALT-DGF-00-0007_R1.dwg	Trazado del tramo en extensión realizado por UT Systra - Ingetec
R3	BOG_L01_Principal_H_V_rev11.7.dwg	Planialtimetría y trazado realizado por SYSTRA para el tramo 1
R4	ETPLMB-ET00-L01-IFU-P-0002_R0_POP	Plan de Operación Preliminar de la PLMB-Tramo 1
R5	GT-LPI-001-018	Apéndice Técnico de Licitación Pública Internacional: <i>Apéndice Técnico 10 - Operación y Mantenimiento</i> del Contrato de Concesión No. 163 de 2019

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. MARCO CONTRACTUAL

La EMPRESA METRO DE BOGOTÁ (**en adelante EMB**) y la FINANCIERA DE DESARROLLO NACIONAL (**en adelante FDN**), suscribieron el Contrato Interadministrativo 277 de 2021 (**en adelante el Contrato Interadministrativo**) que inició el 25 de noviembre de 2021, para realizar la estructuración técnica y financiera de la extensión de la PLMB-TRAMO 1 hasta el sector de la calle 100, de acuerdo con las definiciones establecidas en el Contrato de Concesión No. 163 de 2019 (**en adelante EPLMB o el Proyecto**) en sus componentes técnicos y financiero.

En virtud de las obligaciones derivadas del Contrato Interadministrativo, el 07 de diciembre de 2021, FDN y la Unión Temporal Extensión Metro Línea 1, conformada por las empresas SYSTRA S.A. Sucursal Colombiana e INGETEC INGENIERÍA Y DISEÑO S.A.S., (**en adelante la Asesoría**), suscribieron el Contrato 85/2021 cuyo objeto es Acompañar a la FDN en las actividades de estructuración técnica de la extensión de la PLMB-Tramo 1 hasta el sector de la calle 100, de acuerdo con las definiciones establecidas en el Contrato de Concesión No. 163 de 2019 y aquellas establecidas en el Contrato Interadministrativo No. 277 de 2021. Dicho contrato inició con la suscripción del mismo y su duración se estableció hasta el 24 de septiembre de 2022.

Así mismo, el 07 de diciembre de 2021, FDN y SENER INGENIERÍA Y SISTEMAS COLOMBIA S.A.S., (**en adelante la interventoría**), suscribieron el Contrato 86/2021 cuyo objeto es la interventoría técnica, administrativa, legal y financiera a los estudios y diseños técnicos de factibilidad que hacen parte del Contrato de Consultoría cuyo objeto es “Asesorar a la FDN en la estructuración técnica de la extensión de la PLMB-Tramo 1 hasta el sector de la calle 100, de acuerdo con las definiciones establecidas en el Contrato de Concesión No. 163 de 2019 suscrito entre la EMB y Metro Línea 1 S.A.S. (el “Contrato de Concesión No. 163 de 2019”)”. Dicho contrato inició con la suscripción del mismo y su duración se estableció hasta el 24 de septiembre de 2022.

Los estudios de factibilidad del proyecto fueron elaborados en vigencia del Plan de Ordenamiento Territorial contenido en el Decreto 555 de 2021, el cual fue suspendido temporalmente por el Juzgado Quinto Administrativo Oral del Circuito Judicial de Bogotá el catorce (14) de junio de 2022, es decir, con posterioridad a la elaboración de estos diseños. Sin embargo, una vez analizado el Plan de Ordenamiento Territorial en vigencia que corresponde al contenido en el Decreto 190 de 2004, se corroboró que los estudios de factibilidad realizados no contravienen lo establecido en dicho Decreto ni los instrumentos de Planeación Urbana que puedan derivarse del mismo.

El presente documento corresponde al entregable No. 5 a cargo de FDN, el cual se integra a las obligaciones de la FDN derivadas del Contrato Interadministrativo 277 de 2021. Este informe es denominado “*Plan de Operación Preliminar (POP)*” y consiste en proporcionar los principios generales de operación para la PLMB – TRAMO 1 requeridos por la extensión de la PLMB – TRAMO 1 de acuerdo con las definiciones establecidas en el contrato de concesión No. 163 de 2019.

El presente informe consta de los siguientes capítulos:

- Capítulo 1: INTRODUCCION (este capítulo).
- Capítulo 2: GENERALIDADES.
- Capítulo 3: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### Capítulo 4: ANÁLISIS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS DEFINITIVOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB. APÉNDICES

Nota: Todas las tablas, figuras y fotografías incorporadas en el presente documento que no tienen indicada la fuente de donde provienen fueron generadas por las empresas integrantes de la Asesoría.

### 1.2. CONTEXTO DE LA PLMB Y DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1

El 26 de diciembre de 2014, el IDU y LA FDN suscribieron el Convenio Interadministrativo N.º 1880 de 2014, el cual tiene por objeto “Aunar esfuerzos para el desarrollo de las actividades relacionadas con la estructuración integral del proyecto “Primera Línea del Metro de Bogotá” en dos fases, a saber: Fase 1, denominada “Diseño de la transacción” y Fase 2, denominada “Estructuración integral”. Mediante documento de cesión de fecha 10 de marzo de 2017, el IDU cedió a la Empresa Metro de Bogotá S.A. (EMB) su posición contractual en el Convenio Interadministrativo N.º 1880 de 2014.

En la ejecución del Convenio Interadministrativo N.º 1880 de 2014, el 03 de febrero de 2017, la FDN celebró el contrato 002 de 2017 con el Consorcio Metro Bog integrado por la sociedad colombiana INGENIEROS CONSULTORES CIVILES Y ELÉCTRICOS S.A. INGETEC S.A., y por la sociedad francesa SYSTRA, cuyo objeto fue la “Estructuración Técnica de Tramo 1 de la Primera Línea del Metro de Bogotá”. Este contrato fue desarrollado en su totalidad y los entregables derivados del mismo fueron aprobados por LA EMB, LA FDN y la correspondiente interventoría.

Consecuentemente, la FDN suscribió el contrato 003 de 2017 con el Consorcio Metro, conformado por la sociedad Sener Ingeniería y Sistemas Colombia SAS, y por la sociedad Integral SA con el objeto de realizar la “Interventoría técnica, administrativa, legal y financiera de los estudios y diseños a realizar dentro del contrato de consultoría para la estructuración técnica del Tramo 1 de la Primera Línea del Metro de Bogotá.”

Como resultado de la ejecución del Convenio Interadministrativo N.º 1880 de 2014, y del contrato 002 de 2017, LA EMB adelantó el proceso de selección y celebró el contrato de Concesión N.º 163 de 2019 para la ejecución del Tramo 1 de la Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB – T1) con Metro Línea 1 S.A.S.

El alineamiento estratégico del proyecto Primera Línea del Metro de Bogotá fue definido con la expedición del Decreto 398 de 2009, “Por el cual se informa a la ciudadanía de Bogotá D.C., el resultado de la Consultoría “Diseño conceptual de la Red de Transporte Masivo Metro y dimensionamiento y estructuración técnica, legal y financiera de la línea metro, en el marco del SITP para la ciudad” y se ordenan unas actuaciones administrativas y urbanísticas”, con base en los resultados de la consultoría mencionada y siguiendo las directrices del Plan de Ordenamiento Territorial (Decreto 190 de 2004) y del Plan Maestro de Movilidad (Decreto 319 de 2006).

Dentro del proceso de maduración del proyecto de la PLMB, el alineamiento al que se refiere el anterior párrafo fue modificado en ciertos tramos con base en el desarrollo y los resultados de varios estudios y diseños adelantados entre los años 2013 y 2016. No obstante, siempre se mantuvo la concepción inicial de conectar el sector sur - occidental con el borde oriental y, este último, con el sector nororiental de la ciudad.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Las modificaciones efectuadas al Decreto 398 de 2009 han sido las siguientes:

1. Mediante Decreto Distrital 577 de 17 de diciembre de 2013 se modificó el artículo 1° del Decreto 398 de 2009, con el fin de precisar y adoptar el trazado general del Proyecto Primera Línea del Metro de Bogotá – PLMB, contenido y delimitado en el Mapa Anexo No. 1 - Primera Línea Metro-. En este decreto el trazado fue modificado en un tramo central entre la localidad de Kennedy y el centro de la ciudad.
2. Mediante el Decreto Distrital 425 de 2014 que adicionó el Decreto Distrital 577 de 2013, se efectuó el anuncio de la implementación del Ramal Técnico de Conexión al trazado del Proyecto de la PLMB.
3. Como resultado de estudios técnicos y económicos realizados entre los años 2016 y 2017, se expidió el Decreto Distrital 318 de 16 de junio de 2017 por medio del cual el trazado del Proyecto PLMB fue modificado en su parte central, sustituyendo el corredor de la Carrera 13, Carrera 11 y Carrera 9 por el corredor Avenida Caracas y Autopista Norte.
4. Mediante Decreto 634 de 2017 se integró al anuncio del Proyecto de la PLMB, el Ramal Técnico de Conexión y la localización del Patio Taller

De conformidad con lo establecido en el Documento CONPES 3882 de 2017, posteriormente ratificado en el Documento CONPES 3899 de 2017, y debido a la restricción presupuestal tanto de la Nación como de Distrito, la Primera Línea del Metro de Bogotá se estructuró para ser ejecutada en dos tramos así:

- Tramo 1 comprendido entre el “Patio-taller ubicado en la localidad de Bosa hasta la estación Calle 72 incluida la cola de maniobras que va hasta la calle 80 y Tramo 2 iniciando en Calle 80 hasta la calle 127 con Autopista Norte”.

De conformidad con lo establecido en el documento CONPES 3900 de 2017, el Proyecto de la Primera Línea del Metro de Bogotá (“PLMB-TRAMO 1”) “(...) iniciará desde el patio-taller en la localidad de Bosa, hasta la calle 127” y declaró “(...) de importancia estratégica el proyecto Primera Línea del Metro para Bogotá tramo 1 (...)”

De acuerdo con su objeto social, está en cabeza de la EMB adelantar la planeación, estructuración, construcción, operación, explotación y mantenimiento de las líneas férreas y de metro que hacen parte del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá.

De acuerdo con las definiciones de estudios de ingeniería de la Ley 1682 de 2013 sobre los proyectos de infraestructura de transporte, la EMB requiere estudiar las alternativas de trazado para llevar a cabo la extensión de la PLMB- TRAMO 1 hasta el sector de la calle 100 con autopista Norte, así como realizar la factibilidad técnica, legal y financiera de la misma.

LA EMB determinó la necesidad de llevar a cabo la extensión de la PLMB-TRAMO 1 hasta el sector de la calle 100 con autopista norte tomando como referencia, en términos generales, las especificaciones técnicas del Contrato de Concesión No. 163 de 2019 suscrito entre LA EMB y Metro Línea 1 S.A.S. (el “Contrato de Concesión No. 163 de 2019”). En este sentido, la EMB requiere analizar y determinar la viabilidad de una adición al mencionado contrato de concesión desde el punto de vista técnico, legal y financiero.

La tipología de la infraestructura de la extensión será similar a la desarrollada para la PLMB - TRAMO 1 hasta la calle 72; esto es una tipología 100% en viaducto con los mismos sistemas metroferroviarios, de modo que se logre una línea de metro que opere integralmente, incluido el nuevo tramo de la extensión.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Dada la necesidad de LA EMB de contar con el análisis, estudios y diseños técnicos y financieros para adelantar la extensión de la PLMB-TRAMO 1 hasta el sector de la calle 100 con autopista Norte, LA EMB y LA FDN suscribieron el Contrato interadministrativo 277 de 2021 con el objeto de “Realizar la estructuración técnica y financiera de la extensión de la PLMB-TRAMO 1 hasta el sector de la calle 100, de acuerdo con las definiciones establecidas en el Contrato de Concesión No. 163 de 2019.”

Se resalta que el componente legal y de integración de los estudios no hace parte del contrato 277 de 2021 mencionado anteriormente; estos estarán a cargo de LA EMB.

Teniendo en cuenta los antecedentes descritos, y de acuerdo con la necesidad de realizar la estructuración técnica y financiera de la extensión de la PLMB-TRAMO 1 hasta el sector de la calle 100 con autopista norte, de acuerdo con las definiciones técnicas establecidas en el Contrato de Concesión No. 163 de 2019, la FDN contrató una asesoría técnico especializado que acompañe a la FDN en la estructuración técnica y financiera de la extensión de la PLMB-TRAMO 1 (EPLMB) hasta el sector de la calle 100, de acuerdo con las definiciones establecidas en el Contrato de Concesión No. 163 de 2019 y aquellas complementarias del contrato 277 de 2021 firmado entre la EMB y la FDN, al cual ya se hizo referencia.

### 1.3. MARCO LEGAL

Este documento corresponde al entregable 5 denominado “*Plan de Operación Preliminar (POP)*” que hace parte de las obligaciones asumidas por la FDN en el marco del contrato 277 de 2021, así como por la U.T. Extensión Metro Línea 1 con FDN, en virtud de lo previsto en el Contrato 085/2021. Este documento genera una metodología de relacionamiento entre FDN y el Asesor, y a su vez con la EMB.

De conformidad con lo anterior, para la Asesoría es claro y actuará en consecuencia con las siguientes consideraciones:

- La EMB no tiene relación ni responsabilidad alguna frente a los subcontratistas de FDN, en este caso la Asesoría.
- La FDN recibirá, revisará e integrará los productos entregados por su asesor técnico<sup>1</sup>.

En consecuencia:

1. El canal formal de comunicación verbal y escrita entre EMB y la Asesoría será la FDN.
2. Todos los productos a cargo de la Asesoría serán dados a conocer a EMB a través de FDN, quien posteriormente recibirá de EMB las observaciones que correspondan, o las aprobaciones si son del caso, para transmitir las a la Asesoría.
3. Lo anterior sin perjuicio de lo que EMB y la Asesoría puedan tratar de manera directa en reuniones y talleres de trabajo con presencia de representantes autorizados de FDN.

---

<sup>1</sup> De acuerdo con el contrato 277 de 2021, la Interventoría (SENER) hará seguimiento, control, análisis, revisión, evaluación y aprobación de los entregables técnicos del contrato.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1. OBJETIVO

El presente informe tiene como objetivo proporcionar los principios generales de operación para la PLMB – TRAMO 1 requeridos por la extensión de la PLMB – TRAMO 1 de acuerdo con las definiciones establecidas en el contrato de concesión No. 163 de 2019, entre los que se destacan:

- Política general de transporte: objetivos de producción y de calidad de servicio, objetivos de seguridad del funcionamiento.
- Características del servicio: oferta de transporte necesaria para hacer frente a la demanda.
- Estructura y equipamientos de la Extensión de la PLMB – TRAMO 1 de acuerdo con las definiciones establecidas en el Contrato de concesión No. 163 de 2019: descripción del plano de vía, ubicación y tipología de las terminales y cocheras, principios de funcionamiento del sistema, características del material rodante.
- Propuesta organizativa de la empresa operadora,
- Operación de la línea en modo nominal.
- Operación de la línea en modo degradado.
- Servicios en estación.
- Centro de Control Operacional (CCO): funcionalidades del CCO, regulación de horarios y de intervalo, inyección/retirada de trenes.

Visto que se dispone únicamente del trazado correspondiente al horizonte 2028, los resultados presentes en este documento se limitan principalmente a la primera etapa del proyecto, realizándose unas estimaciones hacia otros horizontes.

### 2.2. DESCRIPCIÓN DE LA PLMB Y DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1

De acuerdo al documento *ETPLMB-ET05-L01-ITE-F-0001\_R0*, la Primera Línea de Metro de Bogotá tiene su origen al Oeste de Bogotá y se finaliza a proximidad del antiguo monumento Los Héroes, con una longitud total de 23,8 km aproximadamente, de los cuales 2200m de ramal técnico entre la línea y talleres-cocheras.

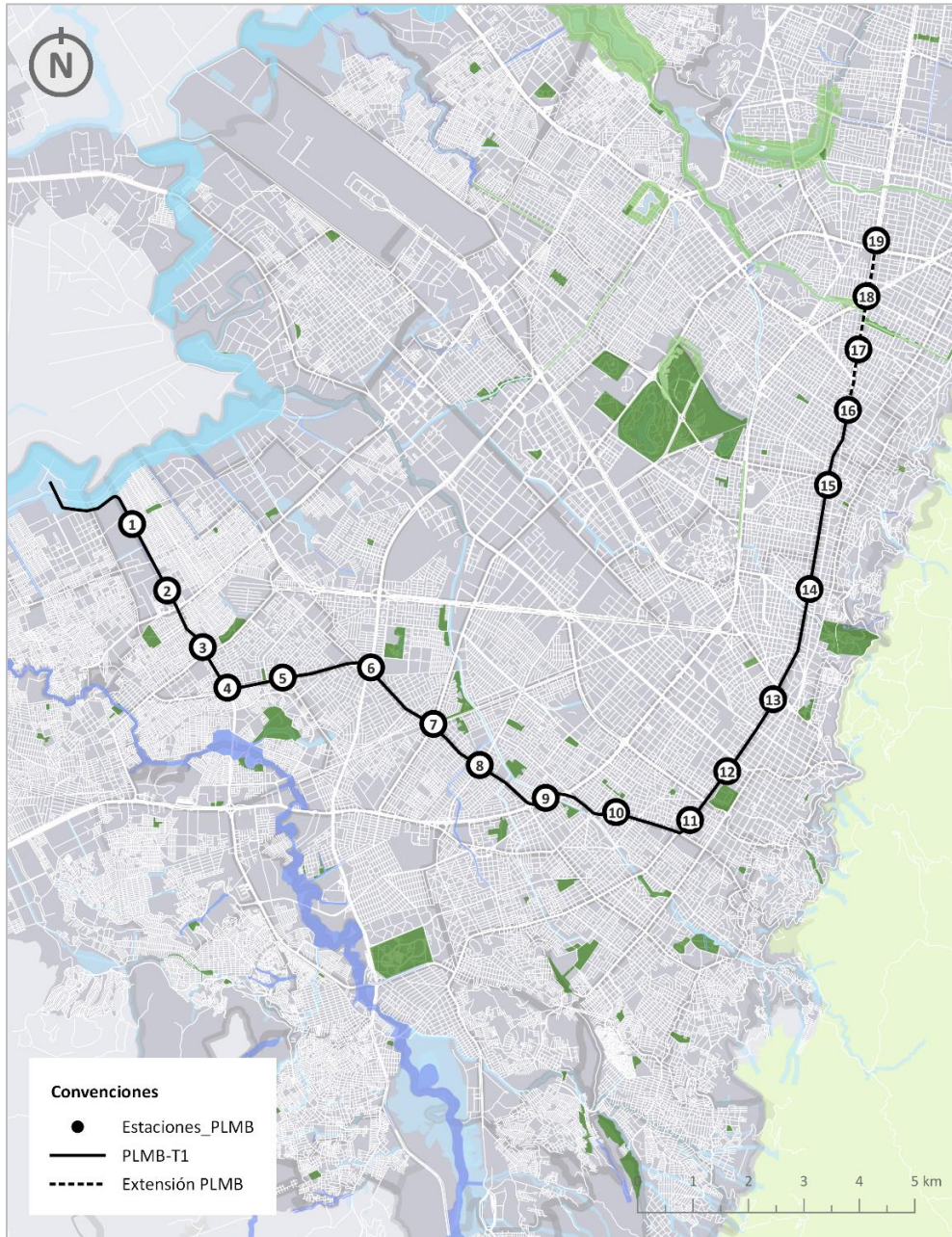
La totalidad de la línea entre estaciones discurre en viaducto.

El trazado se inicia en el Noroccidente, en la zona de talleres y cocheras (PK Origen) en el Corzo. Luego continúa por la Av. del Tintal, y sigue por la Av. Ciudad de Villavicencio. Después, gira por la Av. 1º de Mayo y avanza hasta la altura de la avenida NQS, para girar al norte, cruzar sobre el canal Fucha y girar al Este por la Calle 8 Sur. Finalmente, enlaza con la Calle 1 hasta la Av. Caracas, donde gira hacia el Norte hasta el antiguo monumento Los Héroes.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 1: Trazado de la PLMBX





REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

La cola de maniobras comienza tras la estación de metro Calle 72 y finaliza a la altura de la Calle 80. Es a partir de este punto que la extensión de la PLMB se inicia hasta llegar al sector de la calle 100 con Autopista Norte.

Se debe privilegiar, en la medida de lo posible, las interconexiones con los otros sistemas de transporte de la ciudad existente o en curso de desarrollo como: el BRT, el Transmilenio y la L2MB que se encuentra en fase de diseño.

La extensión de línea proyectada tiene longitud total de aproximadamente 3,4 km, e incorporará 3 estaciones a las 16 de la PLMB:

- N°17;
- N°18;
- N°19.

Está prevista con vía doble sobre viaducto en gran U. Esta longitud incluye las vías principales, las vías posteriores a las estaciones Calle 100 y el empalme con la PLMB actualmente en construcción en las inmediaciones de la Plazoleta del Monumento a Los Héroes.

Para los requisitos en operación, se prevé:

- Un retorno y la posibilidad de estacionar siete trenes en el terminal de estación N°19;
- Una comunicación simple de mano izquierda para maniobra 0 en la terminal de estación N°19 para recuperación de demoras;
- Una comunicación simple para operación tras estación N°18 para retorno, servicio parcial o provisional, etc. y para realizar mantenimiento en el ADV de retorno de servicio nominal tras estación N°19;
- La PLMBX empleará los sistemas centralizados de la PLMB: taller, cochera, señalamiento, CCO, potencia, comunicaciones, SCADA, etc..

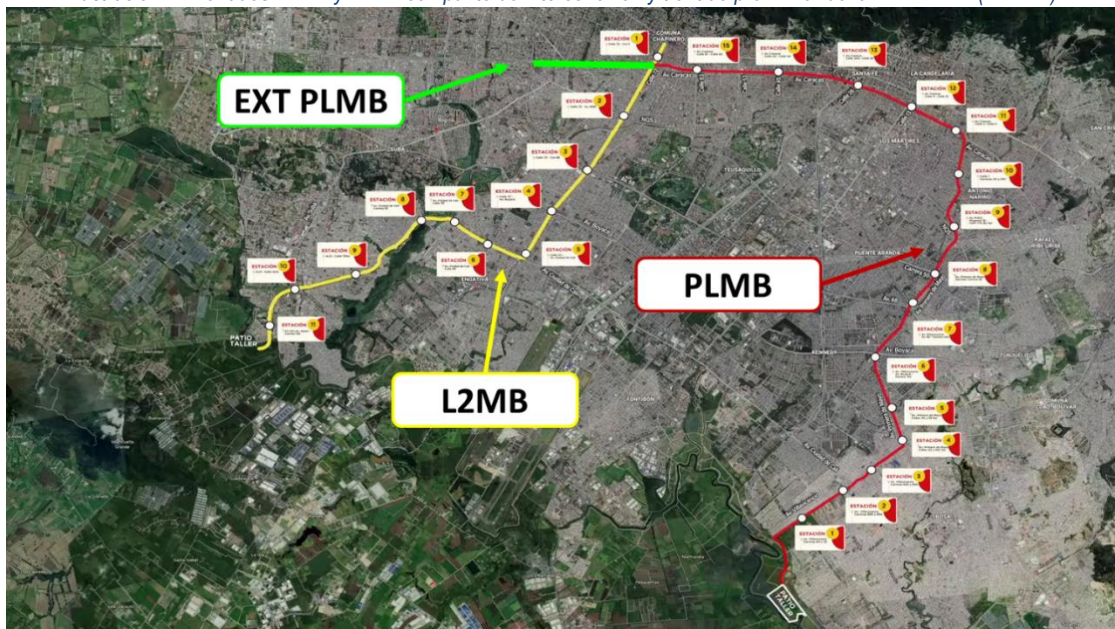
La puesta en servicio de la línea y su funcionamiento entre estaciones N°01-Carrera 96 y N°19 están previstos para el 2028, ulterior al período de análisis.

Será conveniente prever las medidas necesarias con el fin de facilitar los trabajos de estas extensiones y limitar su impacto sobre la operación de la línea en servicio.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 2: Trazados PLMB y L2MB con punto de interconexión y trazado preliminar de la EXT PLMB (PLMBX)



### 3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Las informaciones de entrada están elaboradas por la Unión Temporal y sus colaboradores, de acuerdo a la discusión con EMB, FDN y la interventoría.

### 4. ANÁLISIS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS DEFINITIVOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB

#### 4.1. PRINCIPIOS OPERACIONALES

##### 4.1.1. Política de operación

Una línea de metro es un sistema complejo en el que los diferentes elementos que lo componen (infraestructura, equipos, material rodante) deben ser coherentes entre ellos. Para lograr esta meta, es necesario aplicar una metodología de concepción de los equipamientos basada en una política general de operación.

Ésta debe cumplir con los siguientes objetivos generales, conforme con el capítulo 2.1 del *Apéndice Técnico 10 - Operación y Mantenimiento* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019 [R5]:

- Adecuar eficientemente la demanda de transporte en los trenes y en las estaciones;
- Garantizar en todo momento la seguridad de los pasajeros, del personal y de los equipamientos e infraestructuras;
- Proporcionar una alta calidad de servicio para satisfacer a los pasajeros en términos de confort, rapidez, reducción de tiempo de viajes, comodidad, regularidad, disponibilidad y continuidad del transporte público;
- Asegurar el seguimiento o monitoreo de la Operación;
- Gestionar los incidentes de Operación;
- Contar con un plan de emergencias de acuerdo con lo señalado en el Apéndice Técnico 15;
- Integrar la nueva línea en la red de transporte existente. Para ello, deberá tenerse en cuenta los distintos servicios que componen el Servicio Integrado de Transporte de Bogotá (SITP), en particular el sistema BRT de Transmilenio, principal medio de transporte masivo de la capital colombiana;
- Minimizar los costos para la colectividad.

Estos principios son descriptos con mayor detalle en los apartados 4.1.2 y 4.1.3.

Por lo tanto, concebir una nueva línea de metro, o extender una línea de metro, consiste en definir el sistema global que cumpla de la manera más satisfactoria con los objetivos establecidos, respetando las restricciones externas (geológicas, topográficas, climáticas, financieras, temporales, sociales, culturales u otras). La definición precisa de las necesidades es necesaria para una buena concepción y una prolongación exitosa del sistema.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.1.2. Objetivos de producción y de calidad de servicio

Los conceptos de producción y calidad de servicio están relacionados con los objetivos del servicio público y de interés general que debe lograr el sistema de transporte ferroviario de pasajeros. Alcanzar estos objetivos requiere la aplicación de métodos y procesos rigurosos. El cumplimiento de la oferta prevista, la satisfacción de los usuarios y el éxito del servicio son, en general, los principales resultados de la inversión esperados por las autoridades públicas.

##### 4.1.2.1. Producción

La oferta de transporte está definida por las tablas de circulaciones, que indican el número de trenes en circulación en cada instante, y por tanto la capacidad de transporte. Con todas las tablas de circulación (día laborable, sábado, domingo o festivo), es posible calcular los objetivos de producción anuales o mensuales. Para el procedimiento de la definición de las Tablas de Niveles de Oferta, en las que se detalla la oferta de transporte, se debe referir al capítulo 2.2.1 del *Apéndice Técnico 10 - Operación y Mantenimiento* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019 [R5].

El cumplimiento de estos objetivos exige un seguimiento riguroso y continuo de la producción realmente realizada.

##### **Informe diario**

En el informe diario, se hará un seguimiento continuo de la producción, donde se anotará al mínimo:

- La producción prevista;
- La producción realizada;
- La producción suplementaria (en caso de que se haya utilizado);
- Los trenes-kilómetros perdidos;
- Los incidentes y eventos del día;
- Las investigaciones, si ha tenido lugar un incidente significativo: número de orden, informes personales de los agentes de operación, informe de los agentes del personal de mantenimiento, etc.

Se encuentran las informaciones más detalladas, como la precisión de los elementos a incluir y el procedimiento diario, en la sección 2.2.2 del *Apéndice Técnico 10 - Operación y Mantenimiento* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019 [R5].

La realización rigurosa de este informe permitirá el análisis estadístico de la operación y de la experiencia acumulada, y el seguimiento del estado del sistema. El seguimiento diario permite también controlar la producción anual.

Además de los informes diarios, se tendrá que producir los informes periódicos con diferentes temporalidades, como mensuales u anuales.

##### 4.1.2.2. Calidad de servicio

La calidad de servicio puede ser evaluada a través de los siguientes criterios (referirse al capítulo 2.2.3 del *Apéndice Técnico 10 - Operación y Mantenimiento* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019 [R5]):

- La seguridad;
- La comodidad;

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

- La limpieza;
- La rapidez;
- La regularidad;
- Adaptación de la oferta de transporte.

### **La seguridad (safety)**

Los sistemas de transporte público necesitan medidas de seguridad específicas, ya que se concentra un gran número de pasajeros en los trenes y en las estaciones.

Además de la operación de los trenes, estas medidas conciernen los desplazamientos de los pasajeros dentro de las estaciones, y cuando suben y bajan de los trenes.

Para garantizar la seguridad de los pasajeros y del personal del metro, es necesario implantar soluciones técnicas, principalmente dispositivos mecánicos o electrónicos. Hace falta también que el personal se encuentre formado y que sea capaz de tomar las medidas necesarias, basadas en normas y procedimientos definidos, tanto en condiciones normales de operación como en caso de fallo técnico o de un incidente particular (modo degradado).

Las políticas de seguridad (safety) deben ser revisadas cuando haya un cambio del sistema, como la prolongación de la línea.

### **La comodidad de la operación**

Para garantizar la comodidad de la operación hacia los pasajeros:

- Las proporciones estructurales, y las disposiciones funcionales de las estaciones deben formar un conjunto armonioso y coherente;
- Las estaciones deben ser dimensionadas cumpliendo con las normas vigentes, las regulaciones colombianas y los requerimientos de desplazamientos de los pasajeros dentro de las estaciones;
- La localización y el tamaño de los ascensores y de las escaleras serán determinados considerando el tráfico previsto;
- La señalética debe proporcionar a los pasajeros la información necesaria para que se puedan desplazar sin problemas y de manera sencilla en la estación (especialmente cuando se realicen transbordos con otros sistemas de transporte) y en las cercanías de la estación. La señalética debe ser ubicada de tal forma que sea visible y no esconda equipos de estación;
- Se debe proporcionar a los pasajeros varios tipos de información en forma de:
  - Informaciones fijas en estaciones y trenes, como planos;
  - Informaciones sonoras y/o visuales en las estaciones y trenes, para transmitir informaciones generales, normas, informaciones turísticas y también informaciones sobre el programa de operación. Esta última información permite tranquilizar a los pasajeros.
- La señalética de emergencia optimiza la evacuación de los pasajeros en tiempo mínimo. Su iluminación debe ser garantizada en caso de emergencia a pesar de la pérdida de energía;
- El diseño interior de los trenes debe proporcionar un ambiente cómodo (luz, ausencia de ruido, climatización, etc.) El diseño aerodinámico debe permitir reducir el ruido en estación;
- La oferta de transporte debe permitir respetar el criterio de comodidad de 6 (seis) pasajeros por metro cuadrado. Este valor es coherente con la especificación del material rodante del proyecto PLMB-T1.

### **La limpieza**

La limpieza contribuye a dar a los pasajeros una sensación de comodidad y de seguridad y, por consiguiente, confianza en la red de transporte. La limpieza se refiere al interior y al exterior de las estaciones como de los trenes, así como toda la infraestructura, las instalaciones y los equipos, sin grafitis, en buenas condiciones y sin malos olores.

Para asegurar la limpieza del sistema de transporte, se debe contar con:

- Máquina de lavado de los trenes (para limpieza interior de los trenes) y accesos para su lavado;
- Equipos de limpieza (para aseo de las infraestructuras de las estaciones y los trenes);
- Materiales de cierta calidad, cuyas características permitan:
  - Mantener la limpieza durante periodos predefinidos;
  - Proteger las instalaciones y los equipos contra los grafitis, los daños climáticos, el efecto del tiempo;
  - Resistir al vandalismo;
  - Ser compatibles con los productos de limpieza y de lavado.
- Los recursos humanos y la organización de las herramientas capaces de realizar las acciones previstas de limpieza o intervenir con eficacia y lo más rápido posible en caso de daño o de manchas imprevistas.

### **La rapidez**

La distancia media recorrida domicilio-trabajo continúa aumentando para los habitantes de las grandes ciudades. Es por ello que la rapidez de los transportes públicos es fundamental para atraer usuarios.

En un sistema de transporte tipo metro, no es necesario disponer de una velocidad máxima muy elevada. En efecto, durante la operación el tiempo se pierde principalmente en las curvas, cuando la velocidad del tren está limitada y en los movimientos de entrada/salida en las terminales. Esta pérdida de tiempo no se puede compensar por un aumento de la velocidad máxima porque la longitud entre las estaciones no permite mantener esa velocidad o incluso en ocasiones, ni siquiera alcanzarla.

Por esta razón, para la Primera Línea de Metro de Bogotá se define una velocidad máxima de operación de 80 km/h; el valor coincide con la de la línea original ([R4]).

Se deben limitar al máximo las restricciones extremadamente severas de velocidad manteniéndolas solamente donde sean absolutamente inevitables. Las paradas innecesarias también deben ser evitadas.

Para optimizar el tiempo de viaje de los usuarios se deben optimizar las disposiciones funcionales de las estaciones en la ciudad (accesos rápidos y simples) y conseguir un intervalo regular y reducido entre los trenes.

### **La regularidad**

El criterio de la regularidad es de fundamental importancia para los operadores de una empresa de transporte, ya que determina la calidad del servicio ofrecido a los pasajeros y por lo tanto ayuda a valorizar la imagen de la empresa.

Para una línea de metro automática, la regularidad se entiende como la regularidad del flujo de pasajeros, lo que resulta en la producción de un intervalo entre los trenes lo más regular posible.

Para asegurar la regularidad del servicio, se debe disponer de los siguientes medios:

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

- Operación con una función de regulación automática de los trenes realizada por el ATS (Supervisión automática del tren);
- Un nivel de disponibilidad suficiente de los equipos como material rodante y equipos fijos, dando como resultado una mayor fiabilidad de los sistemas;
- Una organización racional del mantenimiento;
- La posibilidad de operar en modo degradado;
- Una buena organización y capacitación del personal para que sea capaz de reaccionar rápida y eficazmente en caso de incidente (conocimiento de los procedimientos reglamentarios).

#### **Adaptación de la oferta de transporte**

La demanda de transporte de la línea no es siempre la misma y es por ello que es necesario adaptar la oferta continuamente:

- Aumentando la oferta puntualmente en caso de una afluencia inusual. Cuando la línea se opere completamente en modo automático, se podrá reaccionar rápidamente ante una afluencia inesperada gracias a la inserción de trenes sin necesidad de personal a bordo;
- Modificando las tablas de horarios, si estas ya no están bien adaptadas a la demanda, por ejemplo, en el caso de modificación de los horarios de trabajo o escolares.

Las primeras señales visibles de un aumento inusual de la demanda son el retraso de los trenes en línea y la aparición de flujos residuales en el andén después de la salida del tren y el aumento de los tiempos de estacionamiento. Frente a esa afluencia, el operador debe aumentar la oferta de transporte.

Si el sistema de transporte se encuentra frecuentemente saturado, se deben realizar nuevos estudios de demanda de transporte (mediante el sistema de peaje o mediante encuestas), y elaborar una nueva oferta de transporte incluyendo la demanda medida y la norma de comodidad.

#### **Indicadores de calidad de servicio y desempeño**

La calidad de servicio de la empresa que esté a cargo de la operación de la Primera Línea del Metro de Bogotá debe medirse a través de uno o varios indicadores. Estos tienen que evaluar el desempeño de la línea en términos de regularidad, rapidez, comodidad, y limpieza.

En la sección 4.3 se presentan con mayor detalle informaciones acerca de los indicadores de calidad de servicio.

#### **4.1.3. Objetivos de seguridad de funcionamiento**

La seguridad es un elemento esencial que una empresa de transporte público debe respetar. Los objetivos de seguridad son:

- Establecimiento de un plan de seguridad (y su modificación cuando aplica);
- El seguimiento de la operación;
- La implementación de investigaciones ferroviarias;
- El almacenamiento de los incidentes en una base de datos de la que se puedan extraer estadísticas;
- Una organización de la retroalimentación (utilización de la experiencia adquirida).

#### 4.1.3.1. Plan de seguridad

La operadora del Metro de Bogotá debe definir (y adaptar en caso de cambio del sistema) un plan de seguridad que determine la organización del control de seguridad en todos los ámbitos de la empresa:

- Para la operación, el plan de seguridad debe incluir las normas aplicadas para garantizar la seguridad de los pasajeros y del personal (evacuación en caso de incendio, gestión del riesgo de inundación, etc.) y la organización para la gestión de incidentes (definición de un jefe de incidente, procedimientos a seguir, etc.);
- Para los servicios de mantenimiento, el plan de seguridad debe determinar las obligaciones del jefe de establecimiento en términos de protección del personal y de gestión de riesgos específicos (riesgo eléctrico, riesgo químico, etc.);
- Para la dirección general de la empresa, el plan de seguridad debe definir la organización de la empresa en caso de incidente grave o de catástrofe (célula de crisis, mando de emergencia). También debe definir los encargados específicos de seguridad en la empresa en el área de vigilancia reglamentaria, en la organización del mantenimiento de los conocimientos y habilitaciones y en el control de nuevas instalaciones y proyectos impactando la seguridad de las personas internas y externas a la empresa.

En caso de puesta en servicio de una nueva infraestructura de transporte, se debe constituir una carpeta específica de pedido de autorización de operación y posteriormente ser aceptada por las autoridades, junto al plan de seguridad. Este plan de seguridad debe ser actualizado y presentado al menos una vez al año a las autoridades de control (alcaldía de la ciudad, futura Autoridad de Transporte Público de Bogotá, etc.).

#### 4.1.3.2. Monitoreo de la operación

La operación es fundamentalmente una actividad cotidiana y en tiempo real. Todos los operadores se esfuerzan por cumplir su misión para que el servicio de transporte funcione sin comprometer la seguridad de las personas y de los equipamientos. Por esta razón, el personal de operación debe presentar aptitud para la toma rápida de decisiones.

El seguimiento de la operación debe organizarse de manera rigurosa y con un control permanente para asegurarse que, en cuanto se resuelve un incidente, se posean todos los elementos para realizar una investigación. En particular, investigar rápidamente aquellos datos de incidentes que empeoran con el paso del tiempo: las declaraciones del personal, la realización de un plan del incidente, la recogida de piezas dañadas, etc. Mientras mayor sea la cantidad de elementos a disposición para describir el incidente y sus consecuencias, más rápido se desarrollará la investigación y se sacarán más fácilmente conclusiones.

Por todo esto, es importante cumplir rigurosamente con el método de seguimiento de operación establecido, efectuando informes diarios y controlando los documentos que se realizan en un día de operación.

#### 4.1.3.3. Investigaciones de incidentes

Todos los incidentes importantes conllevan una investigación que resume sus características (razón, fecha, lugar, hora de inicio y hora de fin) y consecuencias. Estas informaciones deben ser presentadas de tal manera que permitan su análisis fácilmente.

Los incidentes de gran duración (más de una hora de interrupción de tráfico en toda o parte de la línea) o de gravedad (colisión, puesta en tensión prematura, falla del sistema de señalización, asalto de la boletería, etc.) deben ser el



objeto de una investigación interna bien detallada. Ésta debe presentar la cronología del evento, los elementos y hechos establecidos, así como un primer análisis para el día siguiente al que tuvo lugar el incidente. Esta exigencia es una buena manera de forzar la rápida recolección de elementos. Además, para la investigación de incidentes graves, las autoridades necesitan generalmente informaciones de manera rápida.

La investigación debe permitir averiguar y analizar las causas del incidente, y luego identificar las diferencias con respecto a la norma, mediante la colección de datos, grabaciones y de las declaraciones de la personas implicadas y testigos.

En el caso de encontrarse con un incidente que cuestione el funcionamiento de la operación o que suponga un conflicto entre dos sistemas o departamentos, por ejemplo, porque ocurre con frecuencia, se debe realizar una investigación interdepartamental. Esta investigación, a la que participan todos los departamentos implicados en la operación, debe desembocar en una toma de decisiones el mismo día, y el informe transmitido a toda la empresa y tratado como instrucciones de seguridad.

Para ayudar al análisis de un incidente, el sistema permitirá una repetición del incidente y así formar al personal para reaccionar ante un incidente similar.

#### 4.1.3.4. Base de datos de incidentes

En paralelo a las investigaciones que permiten establecer las responsabilidades individuales o colectivas, es necesario garantizar el almacenamiento de los incidentes en una base de datos.

Se debe constituir una base de datos de incidentes a partir de las investigaciones y de los informes. Esta base agrupa todos los incidentes ordenados:

- Por familias: cada familia corresponde a un subsistema, además de la familia “incidentes debidos a los pasajeros”;
- Por causas: dentro de cada familia, se encuentran las diferentes causas. Por ejemplo, en la familia incidentes de la vía, las causas pueden ser, riel roto, fallo de aparato de vía (ADV), etc.

Cada incidente debe estar caracterizado por:

- Su fecha y lugar de acontecimiento;
- Las consecuencias que tuvo en la operación (por ejemplo, minutos de retraso) y por su impacto (producción perdida, número de pasajeros penalizados, etc.);
- Medidas de operación implementadas: operación por tramos, corte de seguridad, etc.

La base de datos debe permitir el análisis estadístico y la evolución del número de incidentes discriminados por causa a lo largo del año, así como los retrasos debidos a las diferentes causas posibles.

#### 4.1.3.5. Retroalimentación

Los elementos cuantitativos (el monitoreo de la operación, la base de datos de incidentes y las estadísticas de incidentes) y cualitativos (informes de investigaciones) anteriormente recabados, deben enmarcarse dentro de un proceso de mejora continua.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Los incidentes repetitivos y graves deben tratarse rápidamente y dan lugar a la toma de decisiones que redactan, se transmiten al personal y pueden incluso comentarse en las sesiones de formación.

El análisis estadístico de los incidentes permite determinar los puntos débiles del sistema (piezas que se desgastan demasiado rápido, fallos de concepción, procedimientos inadaptados), construir una base de referencia con los incidentes por familia y tipo, y mejorar el programa de gestión de los modos degradados.

Las investigaciones y la repartición de responsabilidades permiten repensar la organización del trabajo (fichas de puesto, métodos de trabajo) dentro de cada subsistema de la línea.

## 4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ANÁLISIS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS DEFINITIVOS

### 4.2.1. Características del trazado

Los datos que se presentan a continuación deberán ser revisados luego de las eventuales modificaciones que pudieran producirse en el trazado. Estas modificaciones podrían tener impactos sobre los resultados de desempeño de la línea.

A continuación, se exponen los datos de entrada considerados en las simulaciones de operación. Estos fueron determinados basándose en la referencia [R2]. Cuando no fue posible encontrar datos precisos en las referencias antes mencionadas, se han hecho hipótesis para desarrollar el estudio.

#### 4.2.1.1. Sentido de circulación

Se definen los sentidos de circulación 1 y 2 como se indica en el Plano de vías de la PLMBX según lo definido en el proyecto de la PLMB. Los trenes circulan por la vía derecha. El sentido de circulación 1 es el que va de estación N°01-Carrera 96 a la estación N°19. El sentido de circulación 2 es el de sentido contrario al anterior. La denominación de las vías sigue la misma lógica.

#### 4.2.1.2. Ubicación de las estaciones

A continuación, se indican los puntos kilométricos del centro de andén de cada estación [R2] [R3].

Se adopta la misma longitud de plataforma que la PLMB por la necesaria compatibilidad la cual resulta de 145 m según [R4].

El punto de parada corresponde a la posición de la cabeza del tren cuando el mismo se encuentra detenido en la estación. Esta se ubica sobre el final de la plataforma.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Tabla 2: Estaciones de PLMBX

Tramo	N° Estación	Estación	Longitud de inter-estación (m)	Andén de 145-150 metros			Punto de parada	
				PK medio del andén	PK del principio del andén	PK del fin del andén	Vía 1	Vía 2
PLMB	1	Carrera 96		2.200	2.125	2.275	2.125	2.275
			1.325					
	2	Portal Américas		3.525	3.450	3.600	3.450	3.600
			1.047					
	3	Carrera 80		4.572	4.497	4.647	4.497	4.647
			1.101					
	4	Carrera 42 Sur		5.673	5.598	5.748	5.598	5.748
			997					
	5	Kennedy		6.670	6.595	6.745	6.595	6.745
			1.255					
	6	Avenida Boyacá		7.925	7.850	8.000	7.850	8.000
			1.785					
	7	Avenida 68		9.710	9.635	9.785	9.635	9.785
			1.030					
	8	Carrera 50		10.740	10.665	10.815	10.665	10.815
			1.400					
	9	Avenida NQS		12.140	12.065	12.215	12.065	12.215
			1.687					
	10	Nariño		13.827	13.752	13.902	13.752	13.902
			1.264					
	11	Calle 1		15.091	15.016	15.166	15.016	15.166
			1.163					
	12	Calle 10		16.254	16.179	16.329	16.179	16.329
			1.415					
	13	Calle 26		17.669	17.594	17.744	17.594	17.744
			2.056					
	14	Calle 45		19.725	19.650	19.800	19.650	19.800
			2.008					

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

	<b>15</b>	<b>Calle 63</b>		21.733	21.658	21.808	21.658	21.808
			1.361					
	<b>16</b>	<b>Calle 72</b>		23.094	23.019	23.169	23.019	23.169
<b>Extensión</b>			1.041					
	<b>17</b>	<b>Los Héroes</b>		24.135	24.060	24.120	24.060	24.120
			1.030					
	<b>18</b>	<b>Calle 92</b>		25.165	25.090	25.240	25.090	25.240
			1.040					
	<b>19</b>	<b>Calle 100</b>		26.205	26.130	26.280	26.130	26.280

#### 4.2.2. Infraestructura

##### 4.2.2.1. La vía

Un plano de vía adecuado es esencial para poder proporcionar un buen nivel de servicio en la línea y un programa de operación fiable.

El plano de vía debe permitir:

- La operación de la línea en situación normal, con el intervalo mínimo entre dos trenes;
- El retorno de los trenes al final de la línea;
- La inserción y retirada de trenes, al comienzo y fin del día, y para ajustar la oferta de transporte a la demanda a lo largo del día;
- La operación en situación de incidente (situación degradada), como el retorno de los trenes en algunas estaciones equipadas con ADV;
- La configuración de la vía y los andenes permite realizar un servicio rápido, frecuente, seguro, operando en modo normal y modo degradado.

El esquema de vías deberá admitir movimientos en ambos sentidos a lo largo de toda la línea. Esta flexibilidad permite retroceder los trenes en caso de necesidad.

Además, se instalarán aparatos de vía que permitan realizar Servicios Provisorios (SP) en las estaciones principales. Estas se definen según los siguientes criterios:

- Estaciones terminales;
- Estaciones que cuentan con un flujo importante de pasajeros (aproximadamente más de 5000 por hora);
- Estaciones cuyas interestaciones presentan una alta carga de pasajeros.
- Una repartición lógica en la línea (cada 3 o 4 estaciones).

Estos se ubicarán entonces en las estaciones N°02-Portal Américas, N°06- Avenida Boyacá, N°09-NQS, N°13-Calle 26 y N°16-Calle 72. Adicionalmente y como parte de la extensión, se incluirá otro al norte de las estaciones N°18 y N°19.

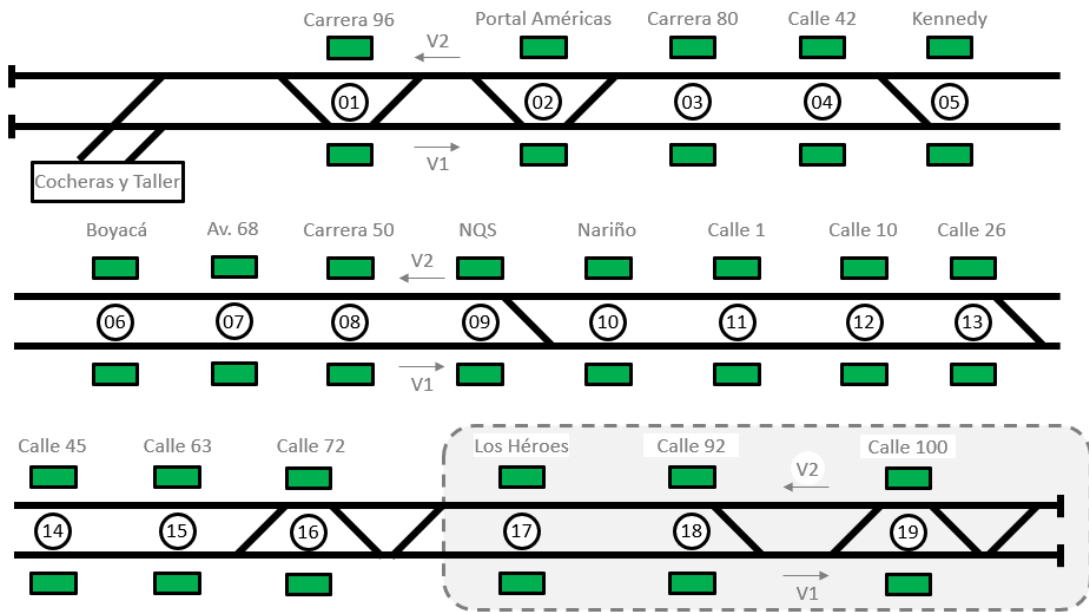
REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Los aparatos de vía serán bidireccionales, posibilitando así una operación más simple en situaciones degradadas. Además, por razones de seguridad, se instalarán de manera que sean tomados por el talón en el sentido normal de circulación.

A continuación, se representa el esquema de vías propuesto:

Ilustración 3: Plano de vías de la PLMBX



#### 4.2.2.2. Velocidad comercial y límites de velocidad

La velocidad comercial de la línea es un factor importante para atraer a pasajeros de otros medios de transporte. Esta depende en gran parte de las características de la vía. En efecto, la velocidad comercial no aumenta considerablemente con una mayor velocidad máxima del material rodante. El factor limitante de la velocidad comercial es, en general, el trazado en planta y en perfil de la línea que puede imponer reducciones de velocidad.

La velocidad máxima de servicio que podrá ser alcanzada en vía principal, cuando no existe reducción de velocidad debido al trazado de la vía, es de 80 km/h. Esta velocidad no sólo se encuentra dentro de los parámetros habituales de las principales líneas de metro del mundo, sino que es coherente con la elevada longitud de la interestación media que presenta la línea (1 396 metros) y permite alcanzar una velocidad comercial por encima de los 40 km/h incluyendo el tramo extensión.

Al tomar un aparato de vía por el talón, el tren debe poder mantener su velocidad, sin restricción particular debida a este.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Las curvas que presentan un radio menor a 250 metros provocan una limitación de la velocidad respecto a la velocidad máxima de servicio de 80 km/h. La restricción de velocidad asociada a una curva se aplica desde el punto kilómetro (PK) de comienzo de la curva (curva y enlace de curva) hasta el punto kilómetro de fin de la curva (curva y enlace de curva) más la longitud del tren.

A continuación, se identifican los puntos kilómetros de la línea donde se observan curvas horizontales y sus limitaciones de velocidad asociadas [R2][R3][R4]. Entre los tramos mencionados en la siguiente tabla, no se define limitación de velocidad y el tren puede circular a la velocidad máxima de servicio de 80 km/h.

Tabla 3: Restricciones de velocidad en curvas horizontales de PLMBX

N° Curva	Radio (m)	P.K. inicio curva	V de diseño (km/h)
1	200	96	45
2	400	922	70
3	300	1.315	60
4	300	1.725	40
5	230	3.735	55
6	250	3.877	55
7	210	4.137	55
8	230	4.332	60
10	202	5.337	50
12	300	7.592	60
13	300	8.153	60
20	250	11.750	65
21	300	12.374	70
22	250	13.138	65
23	300	13.553	70
26	210	14.616	55
53	350	22.174	75
55	250	22.545	55

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

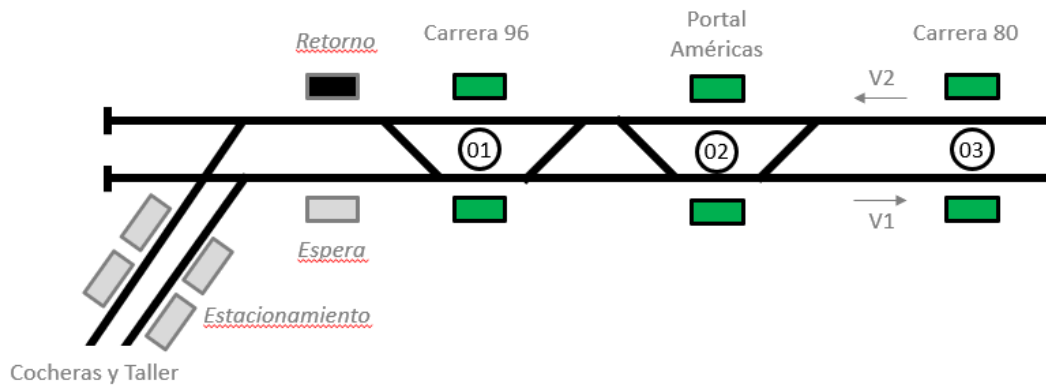
ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.2.2.3. Terminales

##### **N°01-Carrera 96**

La estación N°01-Carrera 96 es una estación de retorno con dos vías. En las colas de maniobras, la velocidad de circulación está limitada en 40 km/h. El esquema siguiente presenta el plano de vías funcional de la terminal [R2].

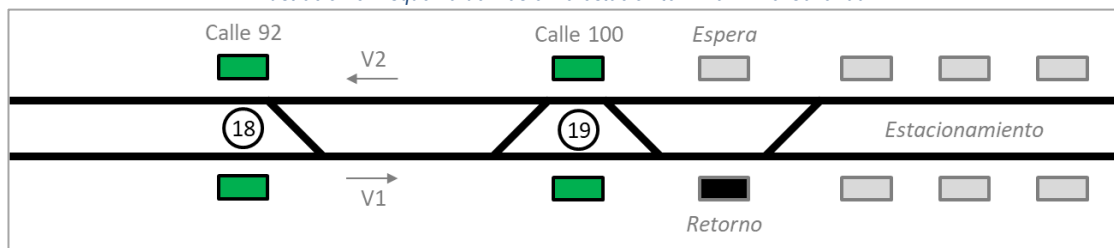
*Ilustración 4: Esquema de vías en la estación terminal N°01-Carrera 96*



##### **N°19-Calle 100**

La estación N°19-Calle 100 es una estación de retorno con dos vías. El esquema siguiente presenta el plano de vías funcional de la terminal [R3].

*Ilustración 5: Esquema de vías en la estación terminal N°19-Calle100*



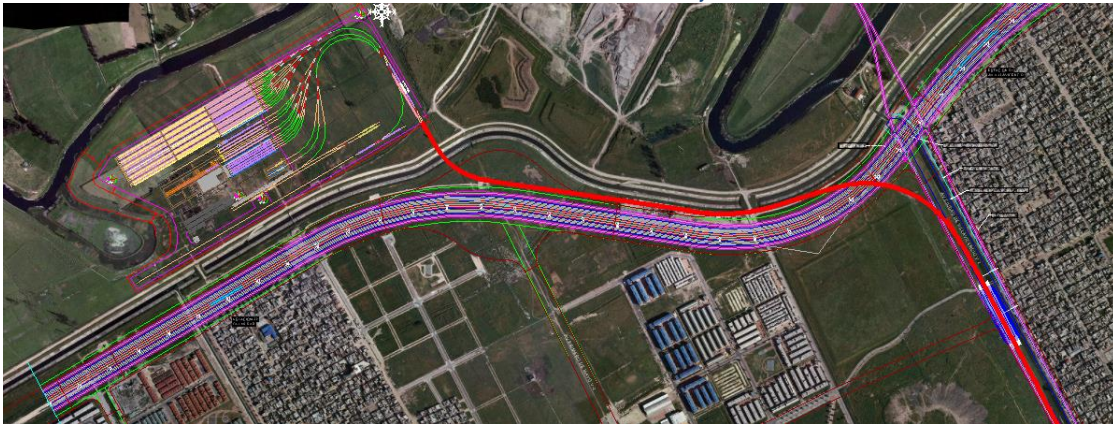
REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.2.2.4. Ubicación geográfica del patio-taller

El patio-taller está ubicado en el predio del Corzo. El acceso al patio-taller se realiza por un ramal técnico de doble vías desde la zona de maniobra ubicada cerca de la estación N°01-Carrera 96, como lo muestra en la siguiente ilustración:

*Ilustración 6: Ubicación de las Cocheras y el taller*



#### 4.2.2.5. Cocheras y máquina de lavado

Las posiciones de estacionamiento se definen en las cocheras y en las estaciones terminales. Cuando la flota en operación no pueda aparcar en su totalidad en estas posiciones de estacionamiento, será posible aparcar los trenes en los andenes de algunas estaciones. El estacionamiento de los trenes en las cocheras se hace manualmente, ya que las cocheras se ubican detrás de la zona de referencia.

La máquina de lavado se ubica en la vía de entrada a las cocheras y será construida en etapa 1. Los trenes pasarán automáticamente por ella para realizar un lavado exterior según la configuración del programa de operación.

La zona de circulación de los trenes automáticos deberá cercarse para impedir la entrada de personas en las vías, por razón de seguridad.

#### 4.2.2.6. Taller de mantenimiento

El taller estará ubicado junto a las cocheras. Este permite realizar las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo de los trenes.

Los movimientos en esta zona se realizan en modo manual, con conductor de maniobra, y están controlados por el Puesto de Maniobras del Taller (PMT).

El PCC de respaldo se localizará en el Patio Taller.



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.2.2.7. Posición de transferencia

En el taller se deberán instalar una posición de transferencia.

Esta posición debe permitir la transferencia de trenes en condiciones de seguridad entre la zona de conducción automática y una zona de conducción manual, y viceversa. Un comando in-situ debe permitir al personal de mantenimiento inmovilizar el tren (interruptor de automático a manual).

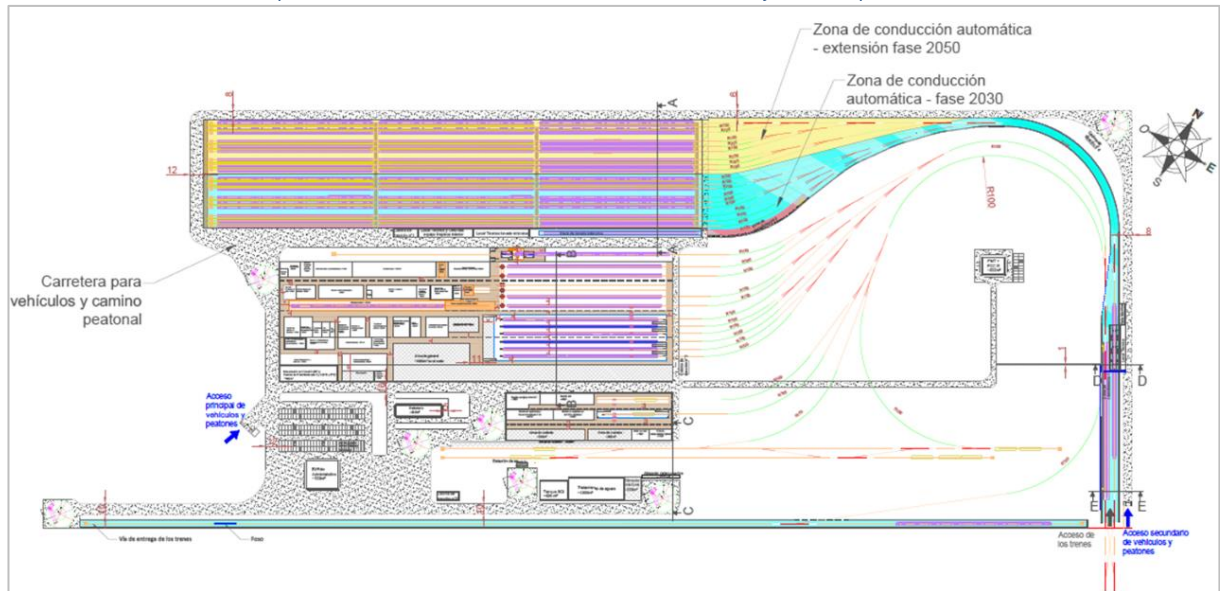
Este comando debe permitir devolver al operador PCC la autorización para operar nuevamente de manera automática en la posición de transferencia.

El procedimiento de transferencia se explica en el capítulo de operación nominal (0) y debe respetarse estrictamente para garantizar la seguridad del personal de la empresa operadora.

#### 4.2.2.8. Esquema de talleres y cocheras

Se presenta a continuación el esquema de configuración de los talleres y cocheras.

*Ilustración 7: Esquema de la vía de enlace con el taller, de las cocheras y de la máquina de lavado*



El patio taller está ubicado en el predio del Corzo, y su superficie es del orden de 32 Ha.

En la entrada del patio se sitúa la vía de transferencia que permite los movimientos de la zona automática a la zona manual y viceversa.

El radio mínimo de las vías en el patio taller es de 100 m.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Comprende:

- Una vía de pruebas;
- Una máquina de lavado;
- Un torno en foso;
- 6 vías sobre pilotes;
- 6 vías embebidas;
- Una cabina de pintura;
- Todas las instalaciones para el mantenimiento del material rodante y de las infraestructuras.

#### **4.2.3. Adecuaciones de los sistemas existentes**

##### **4.2.3.1. Estacionamiento**

Para la PLMBX se prevé usar las mismas instalaciones de la PLMB (para la estimación de la flota de los trenes, ver sección 4.3). Actualmente están en construcción 27 de las 54 posiciones de estacionamiento previstas en el Patio Taller.

Para satisfacer la demanda, se necesitan 47 trenes en 2028 para la etapa inicial [R4] y 49 trenes en 2032 en correspondencia con la puesta en servicio de L2MB. El número de estacionamientos en las instalaciones es suficiente para estos números de trenes.

Las 30 posiciones junto con las demás posiciones señaladas más adelante son suficientes para estacionar los trenes en los horarios donde el servicio es el mínimo (condición de diseño).

Complementariamente a lo anterior, se han previsto en el subcapítulo anterior estacionamientos en las terminales y tal como se muestra en la ilustración N°8:

- 6 posiciones de estacionamiento en la estación N°19.
- 4 posiciones en la estación N°01-Carrera 96.
- 2 posiciones de espera en las estaciones N°19 y N°01-Carrera 96
- 2 posiciones de Retorno en las estaciones N°19 y N°01-Carrera 96
- 1 posición en una estación intermedia
- Total en cabeceras: 15 posiciones.

Se consideran, además:

- 4 posiciones a tomar dentro del taller, el cual cuenta con 11 posiciones (Torno bajo piso (1), mantenimiento pesado (4), mantenimiento liviano (6)) y sin contar en esos guarismos la posición de transfer, la vía de pruebas ni la de lavado.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

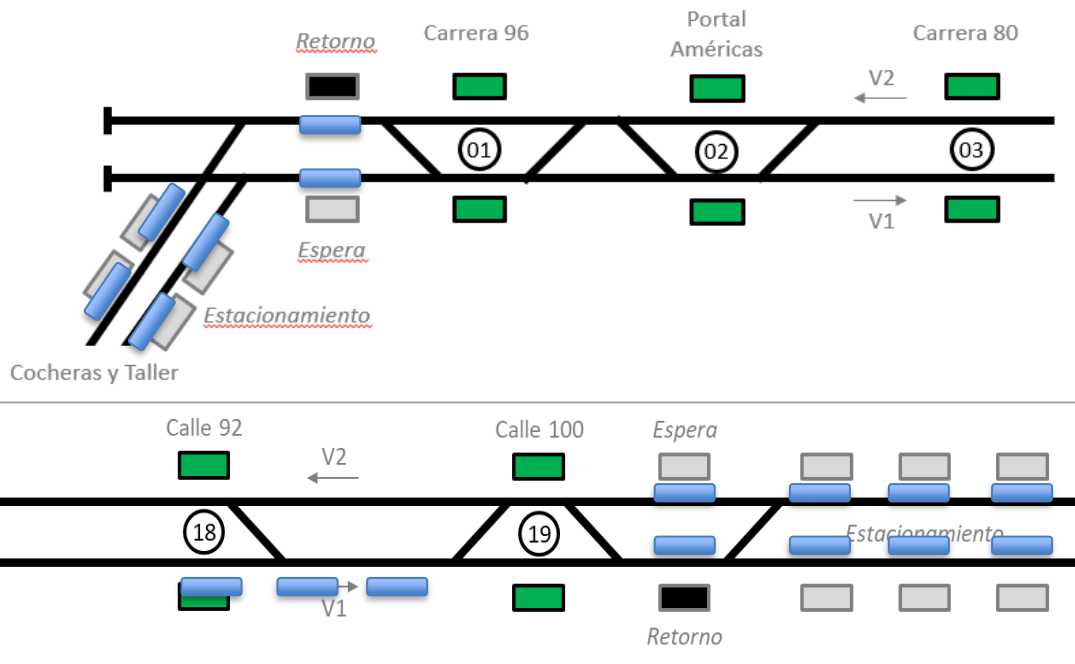
ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Tabla 4: Estacionamiento de trenes en horario super valle o fuera de servicio

Lugar	Cantidad
Cochera	30
N°01-Carrera 96 y N°19	15
Taller	4
<b>Total</b>	<b>49</b>

Operativamente, es más conveniente colocar trenes en la línea o cerca de la línea, porque, al cambio de horario (de hora vale a hora punta, por ejemplo), no se necesita que los trenes circulen en vacío entre la cochera y la línea. Sin embargo, este tipo de movimiento de trenes no debe impedir la operación de la línea. Por lo tanto, se propone colocar una parte de los trenes en la cola de maniobras de los terminales, no colocar todo en la cochera.

Ilustración 8: Estacionamiento de trenes en horario super valle o fuera de servicio



En caso de necesitar la vía libre para circular por la noche con trenes de mantenimiento, la maniobra a realizar desde el CCO consiste en enviar a estacionar los trenes de una de las vías de la cola de maniobras de estación N°01-Carrera 96, a la vía contraria en las estaciones N°01-Carrera 96, N°02- Portal de las Américas y N°03- Carrera 80. Este posicionamiento no es obligatorio, pudiendo ser cualquier estación que no obstaculice las tareas de mantenimiento. Se seleccionaron estas 3 por ser las más próximas a la cola de maniobras y así reducir el OPEX y el tiempo de maniobra, pero pudiendo ser cualesquiera de la línea. Ver las dos ilustraciones de maniobra siguientes.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 9: Estacionamiento de trenes en horario nocturno con paso de trenes de mantenimiento por V1

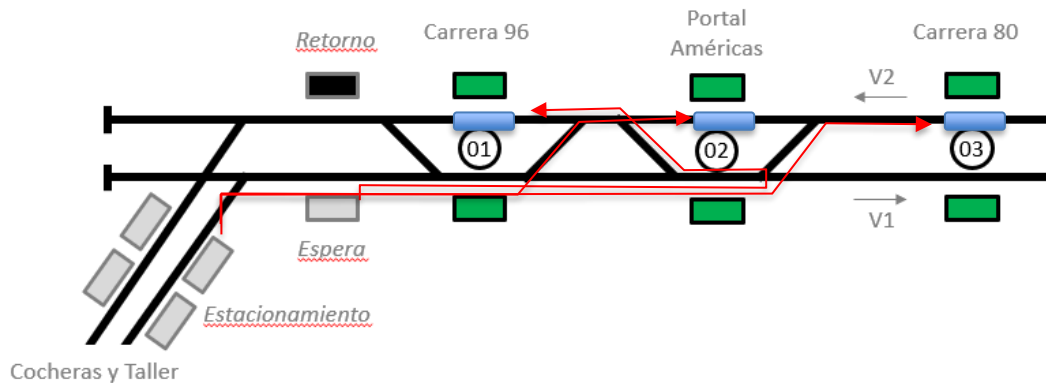
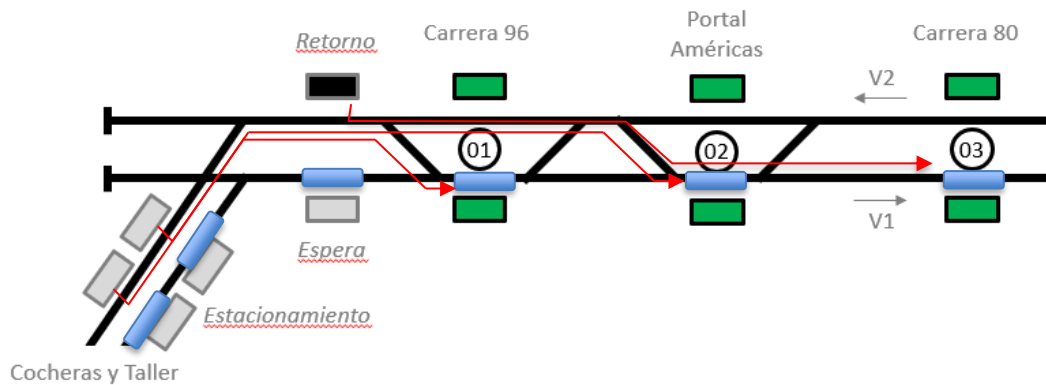


Ilustración 10: Estacionamiento de trenes en horario nocturno con paso de trenes de mantenimiento por V2



En consecuencia, se ratifica la no necesidad de incrementar las posiciones de estacionamiento para la flota de 49 trenes.

#### 4.2.3.2. Adecuación del CCO

El local previsto como CCO es suficiente para asimilar las necesidades de la extensión de la PLMB. En términos de CAPEX se ha considerado un monto para disponer más pantallas de visualización, medios informáticos y pupitres.

#### 4.2.3.3. Adecuación del Taller

Los medios de producción previstos en el taller y enumerados en 4.2.2.6, y en particular la vía de pruebas, la máquina de lavado, el torno bajo piso, las vías de mantenimiento liviano, y de mantenimiento pesado junto con la cabina de pintura pueden asimilar los trenes adicionales que imponen la extensión.

En consecuencia, no corresponde hacer inversiones adicionales en el taller.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.2.3.4. Adecuación del Sistema de Señalamiento

El sistema de señalamiento deberá ser ampliado para gobernar los trenes en las vías y estaciones de la extensión. Cabe señalar que por tratarse de un sistema centralizado y de seguridad ferroviaria para el control de trenes autónomos (GoA4) se impone la necesidad de que sea el mismo sistema de señales el que gobierne los trenes en toda la línea y la infraestructura de la línea. Al momento de la redacción de este informe, el entendimiento de este asesor es que no existe en el mundo una línea GoA4 que opere con dos sistemas de señalamiento distintos, uno para cada tramo de línea.

En consecuencia, corresponde ampliar el sistema de señales para que gobierne los trenes a incorporar por la extensión y la infraestructura (vía, ADVs y puertas de andén) que resulte de la extensión.

#### 4.2.3.5. Adecuación del sistema puertas de andén

El sistema de puertas de andén deberá ser ampliado para atender las tres nuevas estaciones. Si bien no es estrictamente necesario que se instalen las mismas puertas, sí es necesario que las puertas de andén aseguren o excedan los parámetros de desempeño. Ello así por cuanto si el nuevo sistema de puertas gobernado por el CBTC de PLMB tiene parámetros de desempeño peores que las existentes, tendrá efectos en capacidad de la línea (mayores tiempos de apertura y cierre de puertas) o de seguridad. Una demora en una parte de la línea (extensión) alargaría el tiempo de vuelta redonda y con ello requeriría una mayor cantidad de trenes para transportar la misma demanda. Por lo tanto, se requiere que los parámetros de desempeño sean por lo menos iguales.

#### 4.2.3.6. Adecuación de la flota de trenes

La flota de trenes deberá ampliarse en la cantidad que resulte de este POP. Al igual que con las puertas de andén, no es estrictamente necesario que los trenes a adquirir en el marco de la extensión sean los mismos. Sin embargo, surge también que los nuevos trenes gobernados por el CBTC de PLMB y las puertas de andén de PLMB deben contar niveles de desempeño iguales o superiores a los demás trenes de la línea. De no ser así, la capacidad de la línea quedará mermada al nivel del peor tren que opere en ella, con iguales consecuencias a las descritas en el sistema de puertas de andén en términos de mayor CAPEX.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.2.4. Características del servicio

##### 4.2.4.1. Descripción del tren

Las características del material rodante sobre las cuales se basa el cálculo del desempeño de la Primera Línea del Metro de Bogotá se presentan en la tabla y curva siguientes:

Tabla 5: Hipótesis sobre el material rodante

<b>Diagrama de puertas<sup>2</sup></b>	Número de puertas por coche, por lado	4
	Pasaje libre por puerta	1,40 m
	Flujo de pasajeros por puerta	80 pasajeros/minuto
<b>Dimensión</b>	Longitud total del tren (6 o 7 coches)	145 m
	Ancho del tren	2,90 m
<b>Diagrama interior</b>	Tipo	1 nivel
	Intercirculación	En todo el tren
	Norma de comodidad	6 pasajeros/m <sup>2</sup> para los pasajeros de pie
	Capacidad por tren, respectando la norma de comodidad	1 800 pasajeros
	Proporción de pasajeros sentados	13 %
<b>Desempeño</b>	Velocidad máxima de servicio	80 km/h <sup>3</sup>
	Tasa mínima de motorización	60%
	Masa estática (6 pax/m <sup>2</sup> )	331 toneladas
	Masa rotacional	8 %
	Frenado de servicio	1 m/s <sup>2</sup>
	Aceleración máxima	0,86 m/s <sup>2</sup>
	Esfuerzo resistente = $A + B*V + C*V^2$	A
	B	45,42 N*h/km
	C	0,93 N*h <sup>2</sup> /km <sup>2</sup>
<b>Tiempo técnico</b>	Inversión del sentido de circulación	10 s
<b>Energía</b>	Alimentación	Tercer riel
	Tensión	750 V

Se ha adoptado el mismo tipo de tren que en PLMB el cual resulta de una formación de 7 coches de 20 metros. En la figura siguiente se describe la Curva de esfuerzo velocidad del material rodante de la PLMBX.

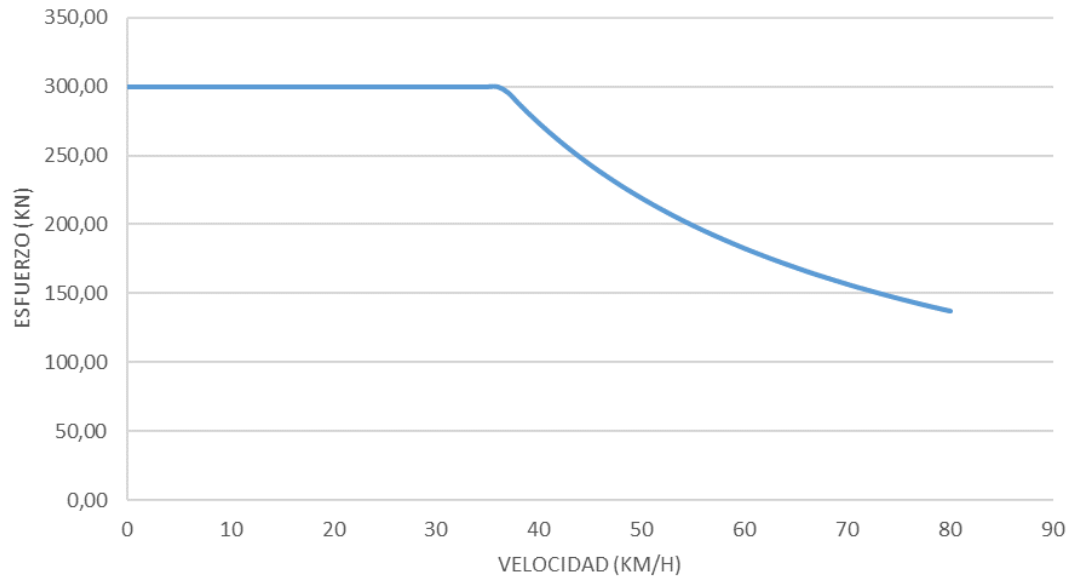
<sup>2</sup> Ver el apéndice 1.1 del presente documento.

<sup>3</sup> Velocidad de diseño de 90 km/h.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 11: Curva de esfuerzo velocidad del material rodante de la PLMBX



#### 4.2.4.2. Puesta en servicio

La puesta en servicio de la línea y su funcionamiento están previsto para el 2028.

#### 4.2.4.3. Horarios

Los horarios son propuestos conforme con los requerimientos del capítulo 2.2.1 del *Apéndice Técnico 10 - Operación y Mantenimiento* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019 [R5].

La determinación de los horarios de operación comercial y de la evolución del intervalo a lo largo del día para la PLMBX se ha realizado con base a la definición de tres días tipo: laborable (lunes a viernes); sábado; y domingo y festivos.

Entre los días lunes y sábado, los primeros trenes comerciales de la PLMB saldrán de la estación terminal N°01-Carrera 96 a las 04h30, mientras que de la estación terminal N°19 lo harán a las 5h00. Los últimos trenes lo harán de ambas estaciones terminales a las 23h00.

Para los días domingos y festivos, los primeros trenes comerciales de la PLMB saldrán de las estaciones terminales a las 05h30, y los últimos trenes lo harán de las estaciones terminales a las 22h00.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Se ha previsto el inicio del servicio diario 4:30 AM en correspondencia con un incremento más significativo de la carga horaria de Transmilenio frente a la carga de las 4 AM. Dado la capacidad unitaria del metro que es mayor que la de Transmilenio, esta coordinación del horario permite evitar una circulación del tren demasiado vacío. Además, es coherente con la hora de inicio de la L2MB también.

Las siguientes tablas muestran la propuesta para la evolución del intervalo a lo largo de un día de semana:

Tabla 6: Evolución del intervalo de línea para intervalo pico de 125"

Horario	Intervalo de operación (en minutos)			Intervalo de operación (en minutos)		
	Carrera96 -> Calle100			Calle100 -> Carrera96		
	Laboral (lunes - viernes)	Sábados	Domingos y festivos	Laboral (lunes - viernes)	Sábados	Domingos y festivos
04h30-05h00	10,0	10,0	-	-	-	-
05h00-05h30	10,0	10,0	-	10,0	10,0	-
05h30-06h00	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	10,0
06h00-06h30	4,2	5,0	8,0	4,2	5,0	8,0
06h30-09h00	2,1 (hora pico)	2,1 (hora pico)	5,0	2,1 (hora pico)	2,1 (hora pico)	5,0
9h-12h	4,8	5,0	5,0	4,8	5,0	5,0
12h-14h	4,2	5,0	5,0	4,2	5,0	5,0
14h-15h	4,8	5,0	6,0	4,8	5,0	6,0
15h-20h	2,1 (hora pico)	4,0	5,5	2,1 (hora pico)	4,0	5,5
20h-21h	5,0	8,0	8,0	5,0	8,0	8,0
21h-22h	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
22h-23h	10,0	10,0	-	10,0	10,0	-
23h-24h	-	-	-	-	-	-



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Tabla 7: Evolución del intervalo de línea para intervalo pico de 105"

Horario	Intervalo de operación (en minutos)			Intervalo de operación (en minutos)		
	Carrera96 -> Calle100			Calle100 -> Carrera96		
	Laboral (lunes - viernes)	Sábados	Domingos y festivos	Laboral (lunes - viernes)	Sábados	Domingos y festivos
04h30-05h00	10,0	10,0	-	-	-	-
05h00-05h30	10,0	10,0	-	10,0	10,0	-
05h30-06h00	8,0	8,0	10,0	8,0	8,0	10,0
06h00-06h30	3,5	5,0	8,0	3,5	5,0	8,0
06h30-09h00	1,75 (hora pico)	1,75 (hora pico)	5,0	1,75 (hora pico)	1,75 (hora pico)	5,0
9h-12h	4,8	5,0	5,0	4,8	5,0	5,0
12h-14h	3,5	5,0	5,0	3,5	5,0	5,0
14h-15h	4,8	5,0	6,0	4,8	5,0	6,0
15h-20h	1,75 (hora pico)	4,0	5,5	1,75 (hora pico)	4,0	5,5
20h-21h	5,0	8,0	8,0	5,0	8,0	8,0
21h-22h	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
22h-23h	10,0	10,0	-	10,0	10,0	-
23h-24h	-	-	-	-	-	-

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

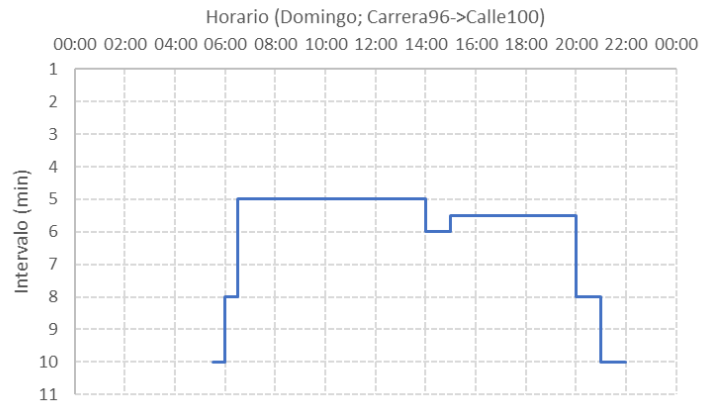
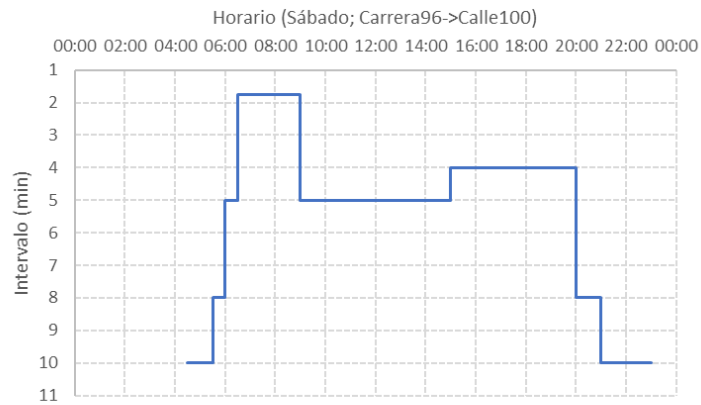
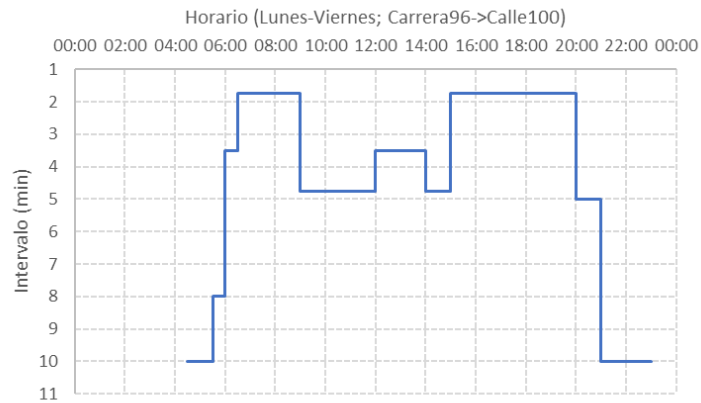
Tabla 8: Evolución del intervalo de línea para intervalo pico de 100"

Horario	Intervalo de operación (en minutos)			Intervalo de operación (en minutos)		
	Carrera96 -> Calle100			Calle100 -> Carrera96		
	Laboral (lunes - viernes)	Sábados	Domingos y festivos	Laboral (lunes - viernes)	Sábados	Domingos y festivos
04h30-05h00	10,0	10,0	-	-	-	-
05h00-05h30	10,0	10,0	-	10,0	10,0	-
05h30-06h00	8,0	8,0	10,0	8,0	8,0	10,0
06h00-06h30	3,3	5,0	8,0	3,3	5,0	8,0
06h30-09h00	1,67 (hora pico)	1,67 (hora pico)	5,0	1,67 (hora pico)	1,67 (hora pico)	5,0
9h-12h	4,5	5,0	5,0	4,5	5,0	5,0
12h-14h	3,3	5,0	5,0	3,3	5,0	5,0
14h-15h	4,5	5,0	6,0	4,5	5,0	6,0
15h-20h	1,67 (hora pico)	4,0	5,5	1,67 (hora pico)	4,0	5,5
20h-21h	5,0	8,0	8,0	5,0	8,0	8,0
21h-22h	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
22h-23h	10,0	10,0	-	10,0	10,0	-
23h-24h	-	-	-	-	-	-

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 12: Evolución del intervalo de la línea a lo largo de un día de semana en 2028, según el tipo del día



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Los horarios de operación podrían extenderse durante eventos especiales o días festivos. El período dedicado al mantenimiento de la infraestructura durante un día laboral será aproximadamente de las 23:00 a las 5:30 AM.

#### 4.2.4.4. Tipos de servicio comercial

##### Modo nominal

Se prevé operar de igual manera tanto para la hora pico como para la hora valle. La tabla siguiente presenta la misión de operación en hora pico en función de los escenarios considerados:

*Tabla 9: Misión de operación de la PLMBX*

<b>Etapa 1 - 2028</b>
<b>Una única misión desde N°01- Carrera 96 hasta N°19.</b>

##### Modo degradado

Los aparatos de vía deben permitir realizar la maniobra de retorno de los trenes en caso de obstrucción de la vía (debida a la falla de un tren, o a la falla de un equipo) para poder realizar servicios provisorios.

#### 4.2.4.5. Trenes\*kilometro

El cálculo de los trenes\*kilometro depende del servicio de cada día, debiendo diferenciar días laborables, sábados y domingos y festivos. Se calcula como la suma del kilometraje comercial y del kilometraje en vacío. El primero representa la distancia recorrida por los trenes comerciales (con pasajeros), y el segundo corresponde a la distancia recorrida por los trenes sin pasajeros: por ejemplo, los trenes en la zona de maniobras y ellos en desplazamiento entre el patio-taller a una estación al inicio o al fin de la operación del día.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Para el año 2028 se obtiene:

Tabla 10: Kilometraje anual de la PLMBX para intervalo 105"

105"	Laboral (lunes - viernes)	Sábados	Domingos y festivos	Total anual
Días de operación por año	244	52	69	<b>365</b>
Número de salidas por día (en los dos sentidos)	383	266	175	<b>327</b>
Kilometraje comercial anual (tren.km/año)	4.484.010	665.233	579.043	<b>5.728.287</b>
Kilometraje en vacío anual (tren.km/año)	224.201	33.262	28.952	286.414
<b>Kilometraje total anual (tren.km/año)</b>	<b>4.708.211</b>	<b>698.495</b>	<b>607.995</b>	<b>6.014.701</b>

Para la estimación de los kilómetros en vacío, se considera:

- Las distancias recorridas para la maniobra de retorno en las terminales (0,5 km por maniobra)
- Las distancias recorridas entre las cocheras y el terminal N°01-Carrera 96.

Tabla 11: Kilometraje anual de la PLMBX para intervalo 100"

100"	Laboral (lunes - viernes)	Sábados	Domingos y festivos	Total anual
Días de operación por año	244	52	69	<b>365</b>
Número de salidas por día (en los dos sentidos)	401	271	175	<b>339</b>
Kilometraje comercial anual (tren.km/año)	4.692.609	675.933	579.043	<b>5.947.585</b>
Kilometraje en vacío anual (tren.km/año)	234.630	33.797	28.952	297.379
<b>Kilometraje total anual (tren.km/año)</b>	<b>4.927.240</b>	<b>709.729</b>	<b>607.995</b>	<b>6.244.965</b>

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Tabla 12: Kilometraje anual de la PLMBX para intervalo 125"

125"	Laboral (lunes - viernes)	Sábados	Domingos y festivos	Total anual
Días de operación por año	244	52	69	365
Número de salidas por día (en los dos sentidos)	335	252	175	293
Kilometraje comercial anual (tren.km/año)	3.921.717	629.123	579.043	5.129.883
Kilometraje en vacío anual (tren.km/año)	196.086	31.456	28.952	256.494
Kilometraje total anual (tren.km/año)	4.117.803	660.579	607.995	5.386.377

#### 4.2.4.6. Modos de conducción

En función de los requerimientos de operación, del tráfico y del estado de los equipamientos, se debe poder operar en distintos modos:

- Operación normal:
  - Modo UTO: completamente automático, sin conductor y bajo la protección del sistema CBTC.
- Operación degradada:
  - CMR-30: Conducción manual restringida a 30 km/h impuesta por el tren (marcha a la vista, en este modo la conducción del tren está bajo responsabilidad del conductor, previa autorización y supervisión del PCC durante el recorrido respectivo);
  - Se propone una restricción de velocidad más importante (15 km/h) en la zona de talleres.

El modo de funcionamiento nominal para la operación con pasajeros debe ser de conducción automática y sin asistencia, es decir, UTO. Este modo debe ser utilizado en las vías principales, en la vía de pruebas, en las zonas de retorno de la línea, talleres hasta la zona de transferencia, en las cocheras y en la máquina de lavado.

Este modo aporta una mayor flexibilidad a la operación pudiendo, por ejemplo, añadir trenes en caso de aumento inesperado de la demanda. Es también el modo más económico en términos de costos de operación y mantenimiento.

En modo UTO, las siguientes funciones deben ser automáticas:

- Parada del tren en estación, salida de estación;
- Conducción de trenes, respetando los límites de velocidad;
- Apertura/cierre de puertas del tren y del andén;
- Gestión de la energía de tracción;
- Regulación del tráfico;
- Gestión de rutas.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Se deberá tener en cuenta que, al tratarse de una línea completamente automática, no se dispone de conductores que puedan observar a los pasajeros durante el acceso del metro a la estación. Por esta razón, se deberán implementar algunas soluciones de sustitución como la protección del área de la vía y **la instalación de puertas de andén de 2,40 metros incluyendo el cabezal.**

Además, la información a los pasajeros y la operación en modo degradado deben manejarse por el operador del PCC. La información a los pasajeros, en modo degradado, puede ser hecha no solo por el operador de PCC sino también por el personal asignado a las estaciones involucrada.

Asimismo, se debe admitir la posibilidad de conducir los trenes en modo manual. Este modo de conducción tendrá una restricción de velocidad asociada y se utilizará cuando el sistema CBTC no se encuentre operativo por motivo de falla o en las zonas de conducción manual, como los talleres luego de la zona de transferencia.

El pasaje a este modo se realizará previa autorización del PCC. Además, la conducción del tren estará bajo responsabilidad del conductor y será supervisada durante todo el recorrido por el PCC.

Es conclusión, una línea automática también necesita personal para poder ser operada, pero en puestos diferentes a los de una línea con conductores.

### 4.3. CÁLCULOS DE DESEMPEÑO

#### 4.3.1. Definiciones y método

##### 4.3.1.1. Capacidad de la línea

La capacidad de la línea es el número máximo de personas que pueden ser transportadas en la línea por hora y por dirección. Depende de la norma de comodidad considerada para el proyecto. En este caso, FDN ha definido un valor de 6 pasajeros por m<sup>2</sup>.

La capacidad debe ser adaptada a la demanda por hora y por dirección (expresado en número de Pasajeros Por Hora Por Dirección, PPHPD) que ocurre en las horas punta y en el tramo más cargado.

##### 4.3.1.2. Tiempo de estacionamiento en las estaciones

El tiempo de estacionamiento se define como la duración desde la parada del tren en la estación hasta cuando inicia su salida de la misma.

##### 4.3.1.3. Tiempo de retorno en la estación terminal

Es el tiempo que un tren necesita para ir de una vía a la otra desde el momento que se detiene en el andén de llegada hasta el momento que inicia la salida desde el andén de salida. Se incluyen los tiempos de estacionamiento, los tiempos de recorrido y el tiempo de cambio de dirección.

##### 4.3.1.4. Intervalo mínimo práctico en línea

El intervalo mínimo práctico en línea es el tiempo mínimo entre dos trenes consecutivos que permite el desplazamiento del segundo sin que su recorrido sea afectado por la circulación del primero. Ese intervalo depende del desempeño del sistema de señalización, del tiempo de estacionamiento máximo y de las características del material rodante (longitud del tren, índices de aceleración y desaceleración). El intervalo mínimo práctico es calculado con un margen, ya que no es posible sostener la operación sin este margen.

##### 4.3.1.5. Intervalo mínimo de retorno en la estación terminal

El intervalo mínimo de retorno es definido como el intervalo mínimo práctico en la estación terminal. Además de los parámetros ya mencionados en la definición del intervalo mínimo práctico, el intervalo mínimo de retorno depende de la configuración de la terminal.

##### 4.3.1.6. Método para el cálculo

El dimensionamiento de la línea empieza con la consideración de las previsiones de tráfico (demanda), las características del trazado de la línea y las dimensiones de los trenes. El trazado incluye el sistema de señalización (bloque móvil en el caso de la PLMB), y las dimensiones de los trenes incluye la capacidad, las dimensiones de los equipamientos (puertas, asientos, etc.) y el desempeño (aceleración, deceleración, etc.) del material rodante, conforme a una norma de comodidad predefinida. La capacidad del material rodante y el PPHPD previsto permite calcular el intervalo según la demanda, es decir, la frecuencia de trenes necesaria para satisfacer la demanda.



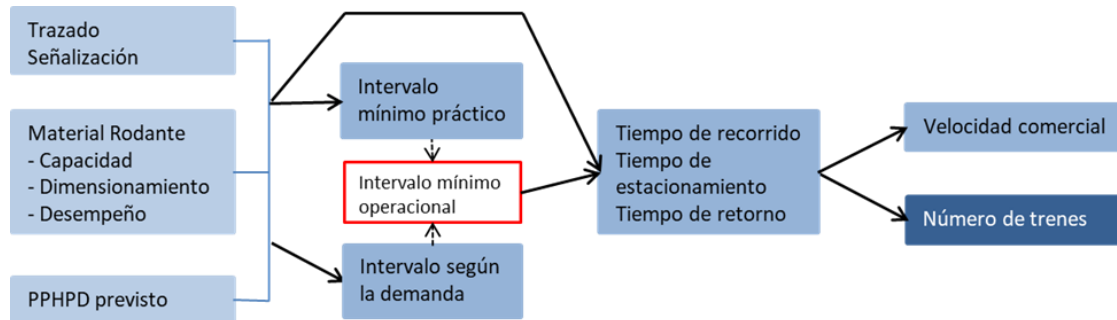
REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

La factibilidad de este intervalo se verificará con el intervalo mínimo práctico en la línea, a partir del trazado y el desempeño del material rodante: si el primero es superior al posterior, se puede aceptar el primero.

Por otra parte, los tiempos de recorrido y de retorno pueden ser calculados con el trazado y el desempeño del material rodante. Además, el tiempo de estacionamiento en cada estación y cada dirección puede ser estimado con el PPHPD previsto y la dimensión del material rodante. Estos tiempos definen tanto la velocidad comercial entre las terminales como el tiempo de recorrido de la vuelta redonda del tren en la línea. Últimamente, con el tiempo de vuelta redonda y el intervalo mínimo operacional, se puede determinar el tamaño de la flota del material rodante.

Ilustración 13: Método de dimensionamiento de la PLMBX



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.3.2. Cálculo de desempeño de la línea

Para el cálculo de desempeño de la Primera Línea del Metro de Bogotá para el año 2028 se procede de la siguiente manera:

- Se indica las previsiones de demanda proporcionadas por FDN;
- Se calcula los tiempos mínimos de estacionamiento en cada estación y cada sentido;
- Se calcula el intervalo necesario para satisfacer la demanda en hora pico, y se comprueba su factibilidad en la línea y en las terminales;
- Se estima la velocidad comercial con base en los tiempos de recorrido simulados con la herramienta RailSys;
- Se dimensiona la flota de material rodante necesaria.

Para los escenarios 2047 y 2052, se calcula el intervalo correspondiente a la demanda máxima en las interestaciones (PPHPD) y luego se estima la flota de trenes necesaria. Para realizar esta estimación, los cálculos se basarán en la velocidad comercial obtenida en el escenario 2028.

#### Flujo de pasajeros

El flujo de pasajeros por estación de la PLMBX para diferentes cortes temporales se presenta en el apéndice 1.2 del presente documento.

Los diagramas siguientes muestran la ocupación de los trenes en la PLMB durante la hora pico de la mañana:

*Ilustración 14: Número de usuarios durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2028*

Sud -> Nord					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	7 055	-	7 055	7 055
2	Nº02-P. Américas	19 776	275	20 051	26 557
3	Nº03-Carrera 80	6 508	0	6 508	33 065
4	Nº04-Calle 42	8 408	12	8 420	41 461
5	Nº05-Kennedy	4 713	4	4 716	46 170
6	Nº06-Av. Boyacá	5 255	144	5 399	51 281
7	Nº07-Av. 68	7 861	4 453	12 314	54 689
8	Nº08-Carrera 50	942	254	1 196	55 377
9	Nº09-Av. NQS	3 817	3 751	7 568	55 443
10	Nº10-Nariño	1 902	664	2 566	56 681
11	Nº11-Calle 1	5 301	2 229	7 530	59 754
12	Nº12-Calle 10	2 667	7 024	9 692	55 397
13	Nº13-Calle 26	585	2 615	3 200	53 367
14	Nº14-Calle 45	261	8 915	9 176	44 713
15	Nº15-Calle 63	136	9 038	9 174	35 811
16	Nº16-Calle 72	30	11 700	11 730	24 141
17	Nº17-Los Héroes	2	10 261	10 263	13 882
18	Nº18-Calle 92	1	10 340	10 341	3 543
19	Nº19-Calle 100	-	3 543	3 543	0

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Nord -> Sud					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	-	796	796	0
2	Nº02-P. Américas	22	2 298	2 321	796
3	Nº03-Carrera 80	1	126	127	3 072
4	Nº04-Calle 42	9	766	775	3 197
5	Nº05-Kennedy	38	232	270	3 954
6	Nº06-Av. Boyacá	89	1 102	1 190	4 148
7	Nº07-Av. 68	104	1 154	1 259	5 161
8	Nº08-Carrera 50	446	599	1 046	6 211
9	Nº09-Av. NQS	435	375	811	6 364
10	Nº10-Nariño	255	607	862	6 304
11	Nº11-Calle 1	1 232	386	1 618	6 656
12	Nº12-Calle 10	242	282	524	5 811
13	Nº13-Calle 26	596	242	838	5 851
14	Nº14-Calle 45	724	40	764	5 497
15	Nº15-Calle 63	608	21	629	4 813
16	Nº16-Calle 72	1 207	20	1 228	4 226
17	Nº17-Los Héroes	1 360	29	1 389	3 039
18	Nº18-Calle 92	1 292	7	1 299	1 708
19	Nº19-Calle 100	423	-	423	423

La sección más cargada de la línea se observa entre las estaciones Nº11-Calle 1 y Nº12 Calle 10, en la vía 1 (Sentido Sur a Norte) en la hora punta de la mañana.

Tabla 13: PPHPD de la PLMBX en la hora punta para el año 2028

Año 2028	
Tráfico máximo: Nº11-Calle 1 – Nº12-Calle 10	59.754 pasajeros/hora-sentido

**Cálculo del intervalo mínimo para satisfacer la demanda**

Considerando la capacidad máxima del tren (C) y el valor del PPHPD previsto (PPHPD) que se debe satisfacer, se deduce el número de salidas (trenes) necesarios por hora (N) para adecuar la demanda y por lo tanto el intervalo mínimo necesario para el año 2028.

Formula 1: Fórmulas del intervalo mínimo para satisfacer la demanda y del número de trenes asociado

$$I = \frac{3600 * C}{PPHPD} ; N = \frac{PPHPD}{C}$$

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Tabla 14: Desempeño requerido de la PLMBX en horas punta en 2028

	Escenario 2028
Intervalo mínimo necesario para satisfacer la demanda (redondeado)	105 s
Trenes despachados por hora (trenes por hora; tph)	34,3 tph

Un intervalo de 108 segundos (1 minutos 48 segundos) permite satisfacer la demanda para el año 2028. Por redondeo y holgura, se propone un intervalo de 105 segundos que equivale a 35 tph.

### **Nivel de confort**

Basándose en los flujos de pasajeros (Ilustración 14) y en las características del material rodante (ver sección 4.2.4.1), se puede calcular el nivel de confort de los pasajeros en los trenes durante la hora pico, en función de la oferta de transporte (intervalo entre dos trenes sucesivos).

A continuación, se presenta el número de pasajeros parados por metro cuadrado libre en cada interestación, durante la hora pico de la mañana, en el sentido más cargado:

Tabla 15: Nivel de confort con intervalo de 105 s, hora punta de la mañana, para el sentido 1 en 2028

Secciones		Número de pasajeros parados por m <sup>2</sup>
Salida	Llegada	
Nº01-Carrera 96	Nº02-P. Américas	0,0
Nº02-P. Américas	Nº03-Carrera 80	2,0
Nº03-Carrera 80	Nº04-Calle 42	2,7
Nº04-Calle 42	Nº05-Kennedy	3,7
Nº05-Kennedy	Nº06-Av. Boyacá	4,2
Nº06-Av. Boyacá	Nº07-Av. 68	4,7
Nº07-Av. 68	Nº08-Carrera 50	5,1
Nº08-Carrera 50	Nº09-Av. NQS	5,2
Nº09-Av. NQS	Nº10-Nariño	5,2
Nº10-Nariño	Nº11-Calle 1	5,3
Nº11-Calle 1	Nº12-Calle 10	5,7
Nº12-Calle 10	Nº13-Calle 26	5,2
Nº13-Calle 26	Nº14-Calle 45	5,0

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Nº14-Calle 45	Nº15-Calle 63	4,0
Nº15-Calle 63	Nº16-Calle 72	3,0
Nº16-Calle 72	Nº17	1,8
Nº17	Nº18	0,6
Nº18	Nº19	0,0

### **Cálculo de los tiempos de estacionamiento**

El tiempo de estacionamiento depende de los flujos de pasajeros (Ilustración 14) y de las características del tren (ver sección 4.2.4.1).

Para calcular el tiempo de estacionamiento se consideran:

- El tiempo técnico de apertura y cierre de las puertas del tren y del andén;
- El tiempo necesario para que los pasajeros bajen y suban.

*Formula 2: Fórmula para el cálculo del tiempo de estacionamiento*

$$\text{Tiempo de estacionamiento} = \frac{\left(\frac{\text{subidas}}{h} + \frac{\text{bajadas}}{h}\right) \times \text{intervalo}/3600}{n^{\circ} \text{ de puertas} \times \text{flujo de personas por puerta}} + \text{tiempo de puertas}$$

Para obtener el tiempo necesario para que los pasajeros bajen y suban se consideró:

- Un total de 28 puertas de cada lado (4 puertas de cada lado en cada uno de los 7 coches);
- Dos filas de pasajeros por puerta;
- Un flujo de pasajeros por fila de 0,67 pasajeros/s.

El llamado tiempo de puertas es la suma de:

- Tiempo técnico entre la parada del tren y la apertura completa de las puertas de andén y puertas de tren;
- Tiempo técnico entre el inicio del cierre de las puertas de andén y puertas de tren y la salida del tren.

Se adopta un tiempo de puertas de 5 segundos.

Los tiempos de estacionamiento se calculan para la hora pico de la mañana e **incluyen el tiempo de puertas**.

Se supone que el flujo de pasajeros que suben y bajan se encuentra distribuido uniformemente a lo largo del tren. Este supuesto, si bien no responde exactamente a lo que sucede en la realidad, permite realizar una buena aproximación a este estado del estudio. **Se recomienda sin embargo efectuar un análisis más detallado en las etapas futuras del proyecto.**

Además, se redondea los tiempos de estacionamiento a múltiplos de 5 segundos.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Aunque las puertas de andén permiten una mayor regularidad en la línea, estas aumentan ligeramente el tiempo de estacionamiento. Por esta razón se adopta un tiempo de parada mínimo de 20 segundos en hora pico. En el caso de las terminales, se adoptará un tiempo mínimo de 30 segundos en el andén de llegada. De esta manera, el personal de operación podrá verificar que ningún pasajero quede dentro del tren previo a la realización de la maniobra de retorno.

Los tiempos de estacionamiento en cada estación de la PLMBX para el escenario 2028 con un intervalo de 105 segundos, son los siguientes:

Tabla 16: Tiempos de estacionamiento durante la hora pico de la mañana en 2028 (intervalo 105 s)

Estaciones	Tiempo de estacionamiento (s)	
	Sentido 1	Sentido 2
Nº01-Carrera 96	(20)	(30)
Nº02-P. Américas	25	20
Nº03-Carrera 80	20	20
Nº04-Calle 42	20	20
Nº05-Kennedy	20	20
Nº06-Av. Boyacá	20	20
Nº07-Av. 68	20	20
Nº08-Carrera 50	20	20
Nº09-Av. NQS	20	20
Nº10-Nariño	20	20
Nº11-Calle 1	20	20
Nº12-Calle 10	20	20
Nº13-Calle 26	20	20
Nº14-Calle 45	20	20
Nº15-Calle 63	20	20
Nº16-Calle 72	20	20
Nº17	20	20
Nº18	20	20
Nº19	(30)	(20)
<b>Total (sin terminal)</b>	<b>345</b>	<b>340</b>

El total no incluye los tiempos de estacionamiento en los terminales.

### **Cálculo del intervalo mínimo práctico en línea**

El cálculo de este intervalo se realiza mediante el programa RailSys. Para ello, se utilizan circulaciones tipo (con márgenes de regularidad), pues se quiere determinar el valor de este intervalo en situación nominal.

Mediante la simulación de la señalización CBTC, se ha podido comprobar el tiempo mínimo de salida entre dos trenes sucesivos sin que se produzca interferencia entre ellos. Para las simulaciones con bloque móvil, se adoptó una distancia de seguridad detrás del tren de 20 metros y 10 segundos adicionales para tener en cuenta los tiempos técnicos del sistema (cálculo de la posición, cálculo de la curva de frenado correspondiente...) y los tiempos necesarios en la vía (movimiento de aparatos de vía).

Los resultados de las simulaciones con RailSys, indican un intervalo mínimo práctico en línea de 85 segundos (75s + 10s margen).

Luego, el intervalo mínimo práctico en línea es:

*Tabla 17: Intervalo mínimo práctico en línea en 2028*

	<b>Año 2028</b>
<b>Intervalo mínimo práctico en línea</b>	<b>85 s</b>

### **Cálculo del intervalo mínimo de retorno en las estaciones terminales**

El intervalo mínimo de retorno en la estación terminal es el tiempo mínimo entre dos trenes consecutivos que permite hacer el retorno sin que el primer tren perturbe el desplazamiento del segundo.

Para el cálculo del intervalo de retorno se ha considerado:

- 10 segundos para realizar el cambio de dirección del tren;
- Aparatos de vía (ADV) de 1/9 tg ubicados a 40 metros del inicio o fin del andén;
- Una velocidad máxima de 45 km/h en toda la zona de maniobras detrás del andén de llegada, excepto en ADV donde se considera una velocidad de 40 km/h.

Para calcular los tiempos de recorrido en la terminal (llamado el tiempo de retorno), es necesario definir en primer lugar una serie de puntos de operación. En el orden cronológico, los trenes paran en el punto B (andén de llegada), el punto al fin de la zona de retorno (no incluido en la tabla) y luego el punto F (andén de salida). En cada una de estas fases los trenes ocupan los andenes o la zona de retorno respectivamente. Para evitar la interferencia entre dos trenes consecutivos, el tren 2, quien llega después del tren 1, debe detenerse en arriba de la vía si el tren 1 ocupa y no libera completamente el andén o la zona de retorno. Tales posiciones corresponden a los puntos de parada A, C y E. Se define la liberación como el momento cuando el final del tren salga completamente las dichas zonas: se corresponden a los puntos de liberación B, D y F.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 15: Puntos de operación (ejemplo de la terminal N°19 Calle 100)

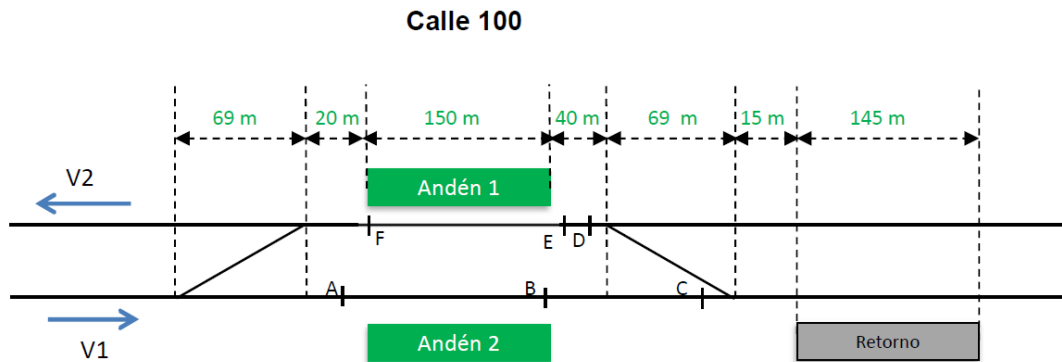


Tabla 18: Puntos de operación

Punto de operación	Definición
P. Parada A	Punto donde debería detenerse el tren 2 si el tren 1 no ha liberado completamente el andén de llegada.
P. Liberación B	Punto para el cual se considera que el tren 1 ha liberado el andén de llegada (cuando el testero del último coche del tren 1 llegue a este punto).
P. Parada C	Punto donde debería detenerse el tren 2 si el tren 1 no ha liberado la posición de retorno o el ADV.
P. Liberación D	Punto para el cual se considera que el tren 1 ha liberado la posición de retorno o el ADV (cuando el testero del último coche del tren 1 llegue a este punto).
P. Parada E	Punto donde debería detenerse el tren 2 si el tren 1 no ha liberado completamente el andén de salida.
P. Liberación F	Punto para el cual se considera que el tren 1 ha liberado el andén de salida ((cuando el testero del último coche del tren 1 llegue a este punto).

Una vez definidos los puntos de operación, se calculan los siguientes tiempos de recorrido utilizando las simulaciones RailSys:



Tabla 19: Tiempo de recorrido en una terminal

Tiempos de recorrido	Definición
T1	Tiempo de recorrido entre el punto de perturbación de A y el punto de parada del andén de llegada.
T2/1	Tiempo de recorrido entre el punto de parada del andén de llegada y el punto de liberación B.
T2/2	Tiempo de recorrido entre el punto de perturbación de C y el punto de parada de la posición de retorno.
T2	Tiempo de recorrido entre el punto de parada del andén 2 y el punto de parada de la posición de retorno.
T3/1	Tiempo de recorrido entre el punto de parada de la posición de retorno y el punto de liberación D.
T3/2	Tiempo de recorrido entre el punto de perturbación de E y el punto de parada del andén de salida.
T3	Tiempo de recorrido entre el punto de parada de la posición de retorno y en el punto de parada del andén de salida.
T4	Tiempo de recorrido entre el punto de parada del andén de salida y el punto de liberación F.

Con los tiempos de recorrido, los tiempos de estacionamiento en los andenes y en la posición de retorno (ST) y los tiempos técnicos (tt), se procede a calcular el intervalo mínimo de la terminal.

Como se definió anteriormente, este intervalo corresponde al tiempo mínimo necesario para liberar cada una de las posiciones (andén de llegada, posición de retorno y andén de salida) y permitir el acceso del siguiente tren sin que se produzcan perturbaciones entre ellos. Asimismo, para evitar la degradación sistemática de la línea, se considerará un margen mínimo para cada uno de los movimientos que realiza un tren en la terminal. Para la configuración analizada, se definen los siguientes márgenes:

Formula 3: Cálculo de los márgenes de las terminales estudiadas

$$\left\{ \begin{array}{l} M_1 = I - (T_1 + ST_1 + T_{2/1} + tt_1) \\ M_2 = I - (T_{2/2} + ST_2 + T_{3/1} + tt_2) \\ M_3 = I - (T_{3/2} + ST_3 + T_4 + tt_3) \end{array} \right\}$$

Los márgenes deben cumplir las siguientes condiciones:

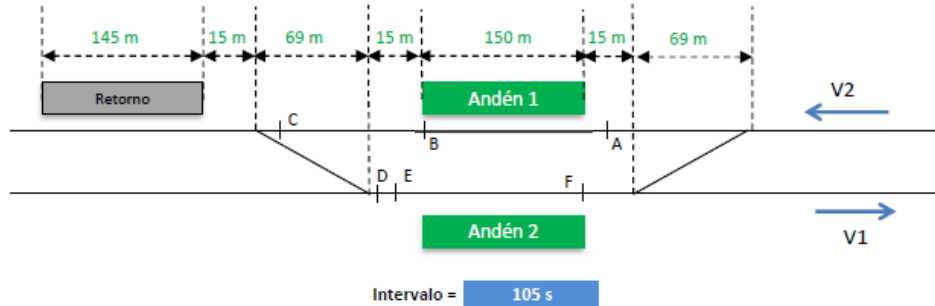
- Positivos, de lo contrario, el tren siguiente tendrá que detenerse;
- Superior a 20 segundos para lograr un intervalo estable en la terminal.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 16: Estudio del intervalo de retorno para el terminal N°01-Carrera 96

**Carrera 96**

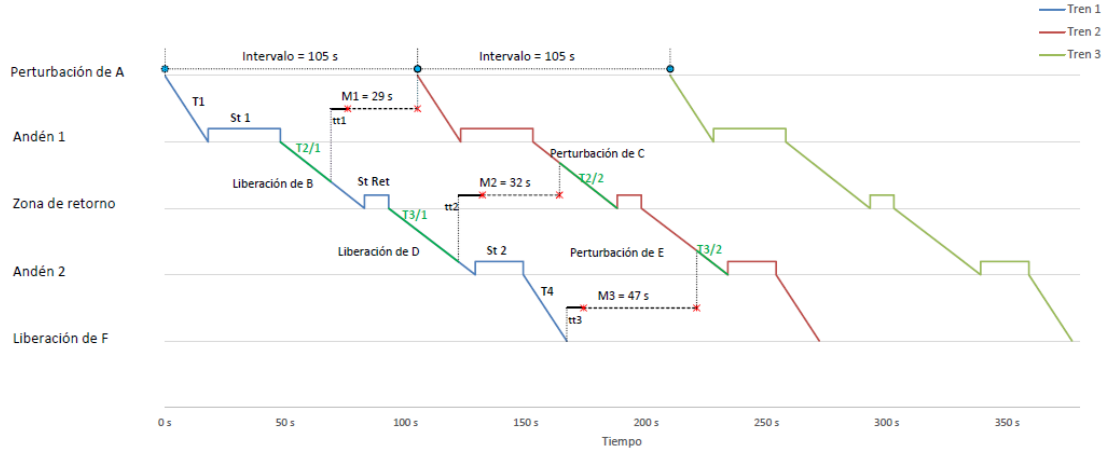


0	
Perturbación de A --> Andén 1	T1 = 18 s
Andén 1 --> Liberación de B	T1/2 = 21 s
Perturbación de C --> Zona de retorno	T2/2 = 24 s
Andén 1 --> Zona de retorno	T2 = 35 s
Zona de retorno --> Liberación de D	T3/1 = 29 s
Perturbación de E --> Andén 2	T3/2 = 13 s
Zona de retorno --> Andén 2	T3 = 36 s
Andén 2 --> Liberación de F	T4 = 18 s
Tiempos de parada	
Est Andén 1	St1 = 30 s
Est Zona de retorno	St Ret = 10 s
Est Andén 2	St2 = 20 s
Tiempo técnico	
Perturbación de A y B	tt1 = 07 s
Cambio del ADV	tt2 = 10 s
Liberación de E y D	tt3 = 07 s
Márgenes	
Margen 1 =	M1 = 29 s
Margen 2 =	M2 = 32 s
Margen 3 =	M3 = 47 s

Tiempo de retorno en la terminal = 131 s

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

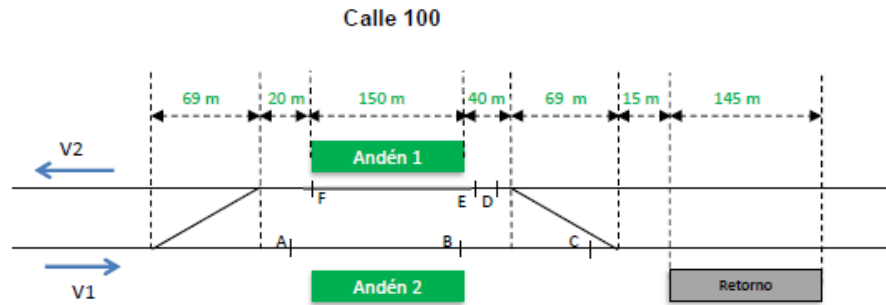
ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 17: Estudio del intervalo de retorno para el terminal N°19



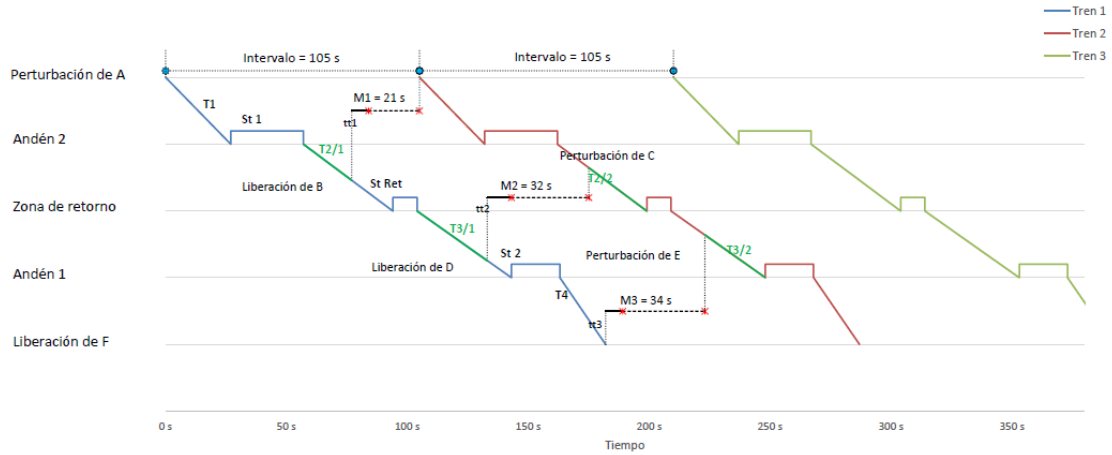
Intervalo = 105 s

Tiempo de recorrido		
Perturbación de A --> Andén 2	T1 =	27 s
Andén 2 --> Liberación de B	T1/2 =	20 s
Perturbación de C --> Zona de retorno	T2/2 =	24 s
Andén 2 --> Zona de retorno	T2 =	37 s
Zona de retorno --> Liberación de D	T3/1 =	29 s
Perturbación de E --> Andén 1	T3/2 =	25 s
Zona de retorno --> Andén 1	T3 =	39 s
Andén 1 --> Liberación de F	T4 =	19 s
Tiempos de parada		
Est Andén 2	St1 =	30 s
Est Zona de retorno	St Ret =	10 s
Est Andén 1	St2 =	20 s
Tiempo técnico		
Perturbacion de A y B	tt1 =	07 s
Cambio del ADV	tt2 =	10 s
Liberacion de E y D	tt3 =	07 s
Márgenes		
Margen 1 =	M1 =	21 s
Margen 2 =	M2 =	32 s
Margen 3 =	M3 =	34 s

Tiempo de retorno en la terminal = 136 s

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2



El resumen de los tiempos de retorno para cada una de las terminales se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 20: Tiempos de retorno tras estación para ambas terminales

Estaciones terminales	Tiempos de retorno (en s)
N°01-Carrera 96	131
N°19	136

El tiempo de retorno en la terminal N°01-Carrera 96 es más corto que en la terminal N°19, porque la cola de maniobras de N°19 es más largo y necesite más tiempo para recorrer.

El intervalo mínimo de retorno en las terminales se puede calcular a partir de los márgenes. En el caso de la terminal N°19, el margen mínimo es el margen 1 (= 21 segundos), que se aplica en el movimiento de los trenes entre el andén de llegada (andén 1) y la zona de retorno. Es decir, en modo nominal, los dos trenes consecutivos con un intervalo de 105 s tienen 21 s de margen entre la salida del tren 1 del andén de salida y la llegada del tren 2 al mismo andén. Reduciendo este margen a 15 s, se tienen aún 99 s (= 105s - 21s + 15s) como el intervalo mínimo de retorno en la terminal N°19. De la misma manera, el intervalo mínimo de retorno en la terminal N°01-Carrera 96 se puede calcular como 91 s (= 105s - 29s + 15s).

En conclusión, los intervalos mínimos de retorno en las terminales son menor al intervalo operacional previsto en 2028 (105 s), así que los intervalos operacionales son realizables.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

### **Intervalo de servicio e intervalo mínimo operacional**

El intervalo mínimo operacional corresponde al mayor intervalo entre el intervalo mínimo práctico en línea y al intervalo mínimo de retorno. Además, el intervalo mínimo operacional debe incluir un margen. De no ser así, el menor incidente provocaría retrasos impactando la totalidad de la línea.

En este caso, el intervalo mínimo operacional se encuentra definido por el intervalo de retorno en terminal y corresponde a 99 segundos.

*Tabla 21: Intervalos mínimos*

<b>Intervalos</b>	<b>Tiempos (en s)</b>
<b>Mínimo en terminal N°01-Carrera 96</b>	91 segundos
<b>Mínimo en terminal N°19</b>	99 segundos
<b>Mínimo en línea</b>	85 segundos
<b>Intervalo mínimo de la PLMBX</b>	<b>99 segundos</b>
<b>Intervalo de servicio en 2028</b>	105

Como se observa en la tabla, el sistema de transporte es capaz de responder a la demanda. En la puesta en servicio en el año 2028 de N°01-Carrera 96 a N°19, el intervalo entre trenes en horas de pico, como se definió anteriormente, será de 105 segundos.

### **Velocidad comercial y tiempo de vuelta redonda**

El tiempo de vuelta redonda es la suma de:

- Los tiempos de recorrido entre cada estación, incluyendo el margen de regularidad;
- Los tiempos de estacionamiento;
- Los tiempos de retorno en las estaciones terminales.

El tiempo de recorrido entre las estaciones es el resultado de las simulaciones en RailSys. Esta simulación tiene en cuenta las características del material rodante y del trazado (perfil y curvas) de la línea.

Se añade un margen de regularidad de 5s/km al tiempo de recorrido inicial con el fin de calcular el tiempo de recorrido nominal. Esta reserva de tiempo representa la flexibilidad de la operación, permitiendo al sistema garantizar cierta regularidad.

A continuación, se presentan los resultados de las simulaciones RailSys para la Primera Línea del Metro de Bogotá para el horizonte 2028 y para cada una de las vías<sup>4</sup>. Los perfiles de velocidades de la PLMB respecto de la distancia están en el apéndice 1.5 del presente documento.

---

<sup>4</sup> Las simulaciones RailSys han sido realizadas sobre la base del trazado indicado en la referencia [R2][R3].

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Vía 1: Desde N°01-Carrera 96 hacia N°19

Tabla 22: Tiempo de recorrido en el sentido 1 para el año 2028

Estación	Desde N°01-Carrera 96 hacia N°19 (Sentido 1)				Tiempo de recorrido con reserva (s)	
	Tiempo de estacionamiento (s)	Longitud del inter- estación (m)	Tiempo de recorrido sin reserva (s)	Reserva (s)	Con Proyecto	Sin Proyecto
N°01-Carrera 96		1.324	88	6	94	94
N°02-P. Américas	25	1.046	88	6	94	94
N°03-Carrera 80	20	1.104	84	6	90	90
N°04-Calle 42	20	995	67	5	72	72
N°05-Kennedy	20	1.258	89	7	96	96
N°06-Av. Boyacá	20	1.781	103	8	111	111
N°07-Av. 68	20	1.023	76	6	82	82
N°08-Carrera 50	20	1.407	92	7	99	99
N°09-Av. NQS	20	1.688	108	8	116	116
N°10-Nariño	20	1.270	88	6	94	94
N°11-Calle 1	20	1.172	76	6	82	82
N°12-Calle 10	20	1.400	97	8	105	105
N°13-Calle 26	20					

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Estación	Desde N°01-Carrera 96 hacia N°19 (Sentido 1)				Tiempo de recorrido con reserva (s)	
	Tiempo de estacionamiento (s)	Longitud del inter- estación (m)	Tiempo de recorrido sin reserva (s)	Reserva (s)	Con Proyecto	Sin Proyecto
		2.056	116	10	126	126
N°14-Calle 45	20					
		2.008	115	10	125	125
N°15-Calle 63	20					
		1.361	93	7	100	100
N°16-Calle 72	20					
		1.061	73	5	78	
N°17	20					
		1.013	71	5	76	
N°18	20					
		1.057	71	5	76	
N°19						
<b>TOTAL</b>	<b>05min45s</b>				<b>28min 36s</b>	<b>24min 46s</b>

Vía 2: Desde N°19 hacia N°01-Carrera 96

Tabla 23: Tiempo de recorrido en el sentido 2 para el año 2028

Estación	Desde N°19 hacia N°01-Carrera 96 (Sentido 2)				Tiempo de recorrido con reserva (s)	
	Tiempo de estacionamiento (s)	Longitud del inter- estación (m)	Tiempo de recorrido sin reserva (s)	Reserva (s)	Con Proyecto	Sin Proyecto
N°19						
		1.057	72	5	77	
N°18	20					
		1.013	71	5	76	
N°17	20					
		1.061	74	5	79	



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Estación	Desde N°19 hacia N°01-Carrera 96 (Sentido 2)				Tiempo de recorrido con reserva (s)	
	Tiempo de estacionamiento (s)	Longitud del inter- estación (m)	Tiempo de recorrido sin reserva (s)	Reserva (s)	Con Proyecto	Sin Proyecto
N°16-Calle 72	20					
		1.361	94	7	101	101
N°15-Calle 63	20					
		2.008	116	10	126	126
N°14-Calle 45	20					
		2.056	117	10	127	127
N°13-Calle 26	20					
		1.400	96	8	104	104
N°12-Calle 10	20					
		1.172	73	6	79	79
N°11-Calle 1	20					
		1.270	86	6	92	92
N°10-Nariño	20					
		1.688	108	8	116	116
N°09-Av. NQS	20					
		1.407	91	7	98	98
N°08-Carrera 50	20					
		1.023	76	6	82	82
N°07-Av. 68	20					
		1.781	103	8	111	111
N°06-Av. Boyacá	20					
		1.258	88	7	95	95
N°05-Kennedy	20					
		995	67	5	72	72
N°04-Calle 42	20					
		1.104	84	6	90	90
N°03-Carrera 80	20					
		1.046	88	6	94	94

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Estación	Desde N°19 hacia N°01-Carrera 96 (Sentido 2)				Tiempo de recorrido con reserva (s)	
	Tiempo de estacionamiento (s)	Longitud del inter- estación (m)	Tiempo de recorrido sin reserva (s)	Reserva (s)	Con Proyecto	Sin Proyecto
N°02-P. Américas	20					
		1.324	85	6	91	91
N°01-Carrera 96						
<b>TOTAL</b>	<b>05min40s</b>				<b>28min30s</b>	<b>24min 38s</b>

De esta forma, el tiempo de recorrido entre cabeceras para la vía 1 y la vía 2 resulta:

Tabla 24: Tiempos de recorrida y de estacionamiento para ambas vías, para intervalo 105 s, año 2028

	Con Proyecto		Sin Proyecto	
	Vía 1	Vía 2	Vía 1	Vía 2
<b>Tiempo de inter-estación entre terminales</b>	28 min 36 s	28 min 30 s	<b>24min 46s</b>	<b>24min 38s</b>
<b>Tiempo de estacionamiento entre terminales</b>	05 min 45 s	05 min 40 s	05 min 15 s	05 min 10 s
<b>Tiempo de recorrido entre terminales</b>	34 min 21 s	34 min 10 s	30min 01s	29min 48s

Con estos valores, se determina la velocidad comercial por sentido y por misión. La velocidad comercial es la relación entre la distancia entre terminales y el tiempo de recorrido de una terminal a la otra, incluyendo la reserva y los tiempos de estacionamiento.

Tabla 25: Velocidades comerciales, por sentido, año 2028

Misión	Atributo	Con Proyecto		Sin Proyecto	
		Vía 1	Vía 2	Vía 1	Vía 2
<b>N°01-Carrera 96 a N°19</b>	Distancia entre terminales (km)	24,015		20,893	
	Tiempo entre terminales	34 min 21 s	34 min 10 s	30min 01s	29min 48s
	Velocidad Comercial (km/h)	41,95	42,17	41,76	42,07

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Finalmente, se obtiene el tiempo de vuelta redonda como se muestra en la siguiente tabla, el cual resulta de 72 min 58 s.

*Tabla 26: Tiempo de vuelta redonda*

Misión	Indicador	Con proyecto	Sin proyecto
<b>N°01-Carrera 96 a N°19</b>	Tiempo de retorno en N°01-Carrera 96	02 min 11 s	02 min 11 s
	Tiempo total entre cabeceras, vía 1	34 min 21 s	30 min 01s
	Tiempo de retorno en terminal norte	02 min 16 s	02 min 16 s
	Tiempo total entre cabeceras, vía 2	34 min 10 s	29 min 48s
	<b>Tiempo de Vuelta Redonda (TVR)</b>	<b>72 min 58 s</b>	<b>64 min 16s</b>

### Cálculo del número de trenes requeridos

La cantidad de trenes en circulación se obtiene de la relación entre el tiempo de vuelta redonda (TVR) y el intervalo. Finalmente, para la cantidad de trenes de mantenimiento se adopta un 10% de los trenes en circulación y un tren de reserva.

*Tabla 27: Dimensionamiento de la flota*

Escenario	Con Proyecto	Con Proyecto	Sin Proyecto
Año	2028	2032 a 2042	2042
Intervalo	105s	100s	110s
Tiempo de Vuelta Redonda	72 min 58 s	72 min 58 s	64min 16s
Trenes en operación	42	44	36
Trenes en mantenimiento	4	4	4
Trenes de reserva	1	1	1
<b>Trenes totales</b>	<b>47</b>	<b>49</b>	<b>41</b>

El tiempo extra en terminales es el tiempo excedente de cada misión debido al redondeo necesario en el dimensionamiento de la flota y mantenimiento del intervalo. Se calcula como:

*Formula 4: Tiempo de vuelta en terminales*

$$T_{\text{extra}} = (N \cdot I) - T$$

Con *N*: trenes en operación, *I*: intervalo operacional, *T*: TVR

Este tiempo se distribuye entre las terminales, como tiempo de sobrestacionamiento. No es necesario que la repartición sea igual en las dos terminales.

$$T_{\text{extra}} = 42 \cdot 105\text{s} - 72\text{min}58\text{s} = 32\text{s}$$

Este tiempo será distribuido entre las terminales N°01-Carrera 96 y N°19.

El TVR total resulta en 73min30s.

Cabe señalar que el número de trenes necesarios antes de la extensión es de 41 trenes para dar un servicio de 110 segundos.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.3.3. Estudios siguientes de evolución de la línea

##### 4.3.3.1. Escenario de máxima capacidad instalada

Considerando las capacidades existentes de PLMB (intervalo 100 s) y considerando libre la restricción de material rodante, se calcula la flota necesaria para brindar la máxima capacidad instalada posible.

Tabla 28: Trenes requeridos para capacidad última, intervalo 100 segundos

Indicador	Cálculo	Valor
<b>Carga máxima</b>	$CU = 1800 \text{ pas/ tren} * 36 \text{ tph}$	64 800 pas/h-sentido
<b>Velocidad comercial</b>	VC	V1= 41,95 km/h; V2=42,17 km/h
<b>Tiempo en cabeceras</b>	Tcab	Tcab1= 34 min 21 s; Tcab2=34 min 10 s
<b>Intervalo</b>		100 segundos
<b>Tiempo de Vuelta Redonda</b>	TVR	72 min 58 s
<b>Textra</b>	$T_{\text{extra}} = (N * I) - T$	22 s
<b>T extra por cabecera</b>	$T_{\text{extra cab}} = T_{\text{extra}} / 2$	11 s
<b>Verificación de sobre estacionamiento</b>	$T_{\text{extra cab}} < \text{Margen } i$	11 s < Margen 3 = 42 s
<b>Tiempo de Vuelta Redonda final</b>	$TVR_f = TVR + T_{\text{extra de}}$	73 min 20 s
<b>Flota en Circulación</b>	$FeC = TVR / I$	44
<b>Trenes en mantenimiento</b>	10% FeC	4
<b>Trenes de reserva</b>	1 por línea	1
<b>Número de trenes requeridos</b>	$\Sigma$	49

A continuación, se detallan los valores correspondientes al año de referencia con su correspondiente carga máxima derivada de la trayectoria 1, según [R1].

En relación con el CAPEX a considerar, cabe señalar que el proyecto de extensión se realizará sobre la PLMB tramo 1 en los términos de la trayectoria de demanda establecida y a la luz del conjunto de proyectos que se impulsan en la ciudad de Bogotá, incluida en ello la L2MB (Ver detalle de escenarios en el Informe de Demanda y Modelo de Transporte, y también el informe de Evaluación Beneficio – Costo, denominado Situación Sin Proyecto). Ese nuevo escenario arroja una configuración de PLMB (estaciones 1 a 16) con una situación operacional de una carga máxima de 57.000 pasajeros por hora y sentido en el año 2042, un intervalo de 113 segundos que se aproxima a un intervalo operacional de 110 segundos, un tiempo de vuelta redonda de 64,3 minutos (ver Tabla 26: Tiempo de vuelta redonda), y una necesidad de flota de 41 trenes totales. En suma, la cantidad de trenes a considerar en el marco de la PLMBX es de  $49 - 41 = 8$  trenes y así fue expuesto en informe de Evaluación Beneficio – Costo.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.3.3.2. Año 2032

Para estos años la carga máxima que resulta del modelo antes de limitarlo excede la capacidad de línea. Sin embargo, en el año 2047 se considera implementado el corredor masivo de avenida Boyacá que contribuye a descargar la PLMBX, devolviéndola a valores compatibles con su capacidad.

Para resolver esto, se propone reflejar densidades de pasajeros de pie mayores a 6 pas/m<sup>2</sup> y mantener el intervalo a 100 s. La carga de 1.810 pasajeros por tren debe permitir esta operación. Además, dado al número de pasajeros que suben y bajan en unas estaciones, el tiempo de vuelta redonda se ha alargado de 5 segundos desde el año 2028.

Tabla 29: Dimensionamiento de la flota para el año 2032

Intervalo	100s
Carga máxima pasajero	1 810 pax/tren 6,01 pax/m <sup>2</sup>
Tiempo de Vuelta Redonda	73 min 03 s
Trenes en operación	44
Trenes en mantenimiento	4
Trenes de reserva	1
Trenes totales	49

El tiempo extra en terminales en este escenario es:

$$T_{\text{extra}} = 44 \cdot 100\text{s} - 73\text{min}03\text{s} = 17\text{s}.$$

El TVR total es 73min20s.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.3.3.3. Años 2037

De la misma manera que el año 2032, se propone mantener el intervalo de 100s, reflejando densidades de pasajeros mayores a 6 pas/m<sup>2</sup>. La carga de 1.850 pasajeros por tren debe permitir esta operación. Además, dado al número de pasajeros que suben y bajan en unas estaciones, el tiempo de vuelta redonda se ha alargado de 5 segundos desde el año 2028.

Tabla 30: Dimensionamiento de la flota para el año 2037

Intervalo	100s
Carga máxima pasajero	1 850 pax/tren 6,16 pax/m <sup>2</sup>
Tiempo de Vuelta Redonda	73 min 03 s
Trenes en operación	44
Trenes en mantenimiento	4
Trenes de reserva	1
Trenes totales	49

El tiempo extra en terminales en este escenario es:

$$T_{\text{extra}} = 44 * 100s - 73\text{min}03s = 17s.$$

El TVR total es 73min20s.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.3.3.4. Año 2042

De la misma manera que el año 2032, se propone mantener el intervalo de 100s, reflejando densidades de pasajeros mayores a 6 pas/m<sup>2</sup>. La carga de 1.880 pasajeros por tren debe permitir esta operación. Además, dado al número de pasajeros que suben y bajan en unas estaciones, el tiempo de vuelta redonda se ha alargado de 5 segundos desde el año 2028.

Tabla 31: Dimensionamiento de la flota para el año 2042

Intervalo	100s
Carga máxima pasajero	1 880 pax/tren 6,27 pax/m <sup>2</sup>
Tiempo de Vuelta Redonda	73 min 03 s
Trenes en operación	44
Trenes en mantenimiento	4
Trenes de reserva	1
Trenes totales	49

El tiempo extra en terminales en este escenario es:

$$T_{\text{extra}} = 44 * 100s - 73\text{min}03s = 17s.$$

El TVR total es 73min20s.



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.3.3.5. Año 2047

Para este año la carga máxima es 51 mil pasajeros por hora y sentido (50.542 PPHPD). Dado al número de pasajeros que suben y bajan en unas estaciones, el tiempo de vuelta redonda se ha alargado de 10 segundos desde el año 2028.

Tabla 32: Dimensionamiento de la flota para el año 2047

Intervalo	125s
Carga máxima pasajero	1 755 pax/tren 5,8 pax/m <sup>2</sup>
Tiempo de Vuelta Redonda	73 min 08 s
Trenes en operación	36
Trenes en mantenimiento	4
Trenes de reserva	1
Trenes totales	41

El tiempo extra en terminales en este escenario es:

$$T_{\text{extra}} = 36 \cdot 125\text{s} - 73\text{min}08\text{s} = 112\text{s}.$$

El TVR total es 75min.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.3.3.6. Año 2052

Para este año la carga máxima es 50 mil pasajeros por hora y sentido (50.464 PPHPD). Dado al número de pasajeros que suben y bajan en unas estaciones, el tiempo de vuelta redonda se ha alargado de 10 segundos desde el año 2028.

*Tabla 33: Dimensionamiento de la flota para el año 2052*

<b>Intervalo</b>	125s
<b>Carga máxima pasajero</b>	1 752 pax/tren 5,79 pax/m <sup>2</sup>
<b>Tiempo de Vuelta Redonda</b>	73 min 08 s
<b>Trenes en operación</b>	36
<b>Trenes en mantenimiento</b>	4
<b>Trenes de reserva</b>	1
<b>Trenes totales</b>	41

El tiempo extra en terminales en este escenario es:

$$T_{\text{extra}} = 36 \cdot 125\text{s} - 73\text{min}08\text{s} = 112\text{s}.$$

El TVR total es 75min.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.3.3.7. Resumen de situaciones

A continuación, se presenta el resumen de situaciones con diferentes plazos:

Tabla 34: Evolución del intervalo en hora pico, de la flota en circulación y total en el período 2028 a 2052

Año	Carga máxima Pas/h-sentido	Intervalo	Flota en circulación	Flota total
2028	59 794	105 segundos	42	47
2032	64.971 > Cap. última	100 segundos	44	49
2037	66.319 > Cap. última	100 segundos	44	49
2042	67.518 > Cap. última	100 segundos	44	49
2047	50.542	125 segundos	36	41
2052	50.464	125 segundos	36	41

En el año 2032, la carga de 1.810 pasajeros/tren debe permitir el intervalo de 100 s. En el año 2037, la carga de 1.850 pasajeros/tren debe permitir el intervalo de 100 s. En el año 2042, la carga de 1.880 pasajeros/tren debe permitir el intervalo de 100 s.

#### 4.3.4. Indicadores operacionales

A continuación, se presentan unos indicadores operacionales que caracterizan el servicio del L2MB. La definición de los indicadores es siguiente:

- Índice de rotación: Número de vuelta redonda / Número de trenes
- Índice de pasajeros por kilómetro: Número de pasajeros transportados / Trenes\*Kilómetros
- Índice de pasajeros por vehículo: Número de pasajeros transportados / Número de trenes total
- Índice de kilómetros por vehículo: Trenes\*Kilómetros / Número de trenes total
- Índice de pasajeros por metro cuadrado: La densidad de pasajeros a pie
- Nivel de servicio óptimo o esperado para día típico y no típico: Los horarios que satisfacen la demanda

Se pueden calcular los primeros cuatro indicadores mediante la demanda estimada por día y por año [R1] y las estimaciones en el presente informe. Las tablas siguientes muestran los resultados:

Tabla 35: Indicadores operacionales por día

<i>por día</i>	2028	2032	2037	2042	2047	2052
<i>Índice de rotación</i>	6,7	6,9	6,9	6,9	6,0	6,0
<i>Índice de pasajeros por kilómetro</i>	48,3	59,9	61,4	62,9	63,5	63,6
<i>Índice de pasajeros por vehículo</i>	16.248	20.909	21.448	21.960	19.133	19.155
<i>Índice de kilómetros por vehículo</i>	336,3	349,2	349,2	349,2	301,2	301,2

Tabla 36: Indicadores operacionales por año

<i>por año</i>	2028	2032	2037	2042	2047	2052
<i>Índice de rotación</i>	2.435,0	2.528,2	2.528,2	2.528,2	2.180,6	2.180,6
<i>Índice de pasajeros por kilómetro</i>	39,7	49,2	50,5	51,7	52,2	52,3
<i>Índice de pasajeros por vehículo</i>	4.874.733	6.273.204	6.434.897	6.588.596	5.740.239	5.746.965
<i>Índice de kilómetros por vehículo</i>	122.749	127.448	127.448	127.448	109.926	109.926

Para el índice de pasajeros por metro cuadrado, referirse a la tabla N°5.

Para el nivel de servicio óptimo o esperado para día típico, referirse a la Ilustración 12. Se trata del día típico, dado a la disponibilidad de los datos de demanda.

#### 4.4. MODOS DE OPERACIÓN NORMAL

En operación normal de la línea, los trenes circularán en modo UTO, entre las estaciones terminales, por la derecha, en vías separadas y deteniéndose en todas las estaciones.

- Vía 1: Desde la estación terminal N°01-Carrera 96 hasta la estación N°19;
- Vía 2: Desde la estación terminal N°19 hasta la estación terminal N°01-Carrera 96.

En cada estación terminal, los trenes realizan la maniobra de retorno. Todos los pasajeros descienden en el andén de llegada y suben al tren en el andén de salida.

Para alcanzar la calidad de servicio esperada en la línea, se deben organizar con anterioridad las diversas operaciones diarias del metro. Parte de esta es realizada automáticamente por el sistema, este es el caso de la regulación. El resto deberá organizarse previamente, por ejemplo, la limpieza del tren, la apertura de la línea, la inyección de los trenes, el retiro de los trenes.

##### 4.4.1. Día de operación

###### 4.4.1.1. Apertura de la línea

El objetivo de la apertura de la línea es inicializar todos los subsistemas, como trenes y equipos en estación, necesarios para la operación de la línea. La apertura incluye la puesta en servicio de los trenes que van a circular en la línea, así como la verificación del fin de tareas de mantenimiento que pudiesen interferir con la operación.

Los trenes entran en servicio según la tabla horaria que se ha establecido y validado con anterioridad.

###### 4.4.1.2. Preparación de los trenes

La preparación de los trenes se realiza en las vías de la cochera, aproximadamente 30 minutos antes de la puesta en servicio, según las necesidades de la tabla horaria prevista.

Los trenes se ponen en servicio sucesivamente en función del intervalo de paso definido en la tabla horaria. En modo nominal, esta secuencia se realiza automáticamente: el operador puede también modificarla asignando un nuevo itinerario a un tren.

Cuando se inicializa un tren, éste realiza una serie de test estáticos para comprobar la seguridad y el buen funcionamiento de ciertos equipos: tracción, frenado, apertura de puertas, equipos de comunicación, etc. Si este no obtiene un resultado positivo, se envía una alarma al PMT o al PCC.

Un tren de prueba debe circular previo al inicio del servicio comercial o luego de la interrupción de la circulación debido a mantenimiento. Este tren circulará sin pasajeros y contará con un agente a bordo. El agente debe observar la vía para comprobar que no haya, por ejemplo, material olvidado por los equipos de mantenimiento nocturno. Debe asegurarse que la vía sea apta para la operación.

La tabla horaria deberá prever e incluir el paso de este tren de pruebas a la apertura del servicio comercial.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

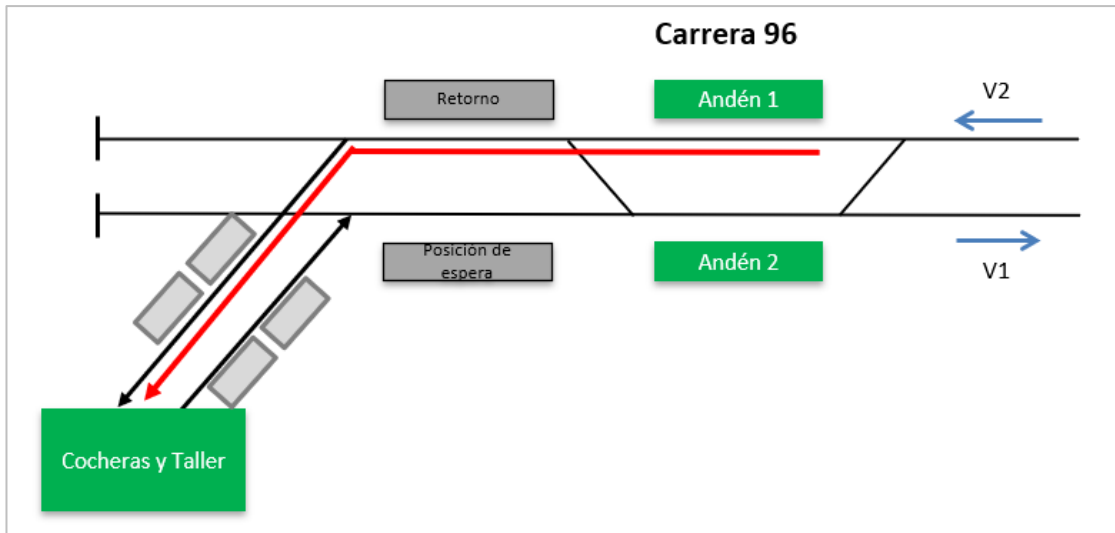
ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.4.1.3. Inserción de los trenes

Para lograr el intervalo de apertura y de las horas pico, unos trenes deben introducirse en la línea desde la cochera. Dado que la cochera se ubica detrás de la terminal **N°01-Carrera 96**, los trenes se introducen a la línea por la vía 1 con dirección a N°19 para llegar finalmente al andén de salida.

A continuación, se presenta el movimiento de trenes descrito en el párrafo precedente:

Ilustración 18: Inserción de trenes hacia Calle 100



El inicio del programa de operación diario genera la preparación de la salida de los trenes. Este programa:

- Recibe la orden de inicio del ATS;
- Realiza las pruebas estáticas.

Si el resultado de las pruebas estáticas es positivo, el ATS o el operador del PCC confirman la inserción del tren y le asignan un número de misión único. El movimiento del tren se realiza en modo automático desde la posición de cochera hasta el andén de salida, para insertarse en la línea. Es aquí en el andén de salida de la terminal que empieza el servicio comercial del tren.

#### 4.4.1.4. Operación en servicio comercial

Durante la operación en servicio comercial, los operadores del PCC están a cargo de realizar la operación de la línea sin incidentes. El equipo del PCC debe adaptar la oferta de transporte a la demanda de pasajeros.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

En modo nominal, el sistema CBTC controla los aspectos de base de la operación y es capaz de recuperar pequeñas demoras. Sin embargo, ante retrasos de mayor magnitud, los operadores del PCC deberán gestionar la situación. Estos podrán:

- Modificar los horarios;
- Insertar o retirar manualmente un tren de la línea (dependiendo de la perturbación);
- Ordenar el retorno de un tren en una estación distinta a la terminal y que cuente con aparatos de vía;
- Operar la línea con servicios provisorios si el incidente se alarga en el tiempo.

Los operadores pueden verse obligados a retirar un tren debido a una avería o por algún otro incidente que impida la circulación del mismo. En este caso, el operador podrá modificar los horarios para ajustarlos al número de trenes en circulación o insertar un número de trenes equivalente al número de trenes retirados.

Por esta razón, los operadores también deben poder gestionar la inserción de trenes en la línea durante el servicio comercial. Puede ser necesario insertar trenes después de una falla, o para sustituir un tren que ha sido enviado a hacer un mantenimiento preventivo o una limpieza.

Del mismo modo, al añadir un tren, el operador debe poder modificar el horario para adaptarse al nuevo número de trenes en línea, o retirar el mismo número de trenes que se han añadido a la circulación.

La inserción de trenes previa a la hora de punta es gestionada automáticamente por el sistema.

#### 4.4.1.5. Retorno en las terminales

Al llegar a la estación terminal, se debe realizar el retorno del tren si el mismo debe continuar el servicio comercial en el otro sentido de la línea. En modo nominal, esta acción se realizará automáticamente sin necesidad de conductores.

#### 4.4.1.6. Retirada de trenes

La retirada de los trenes se realiza:

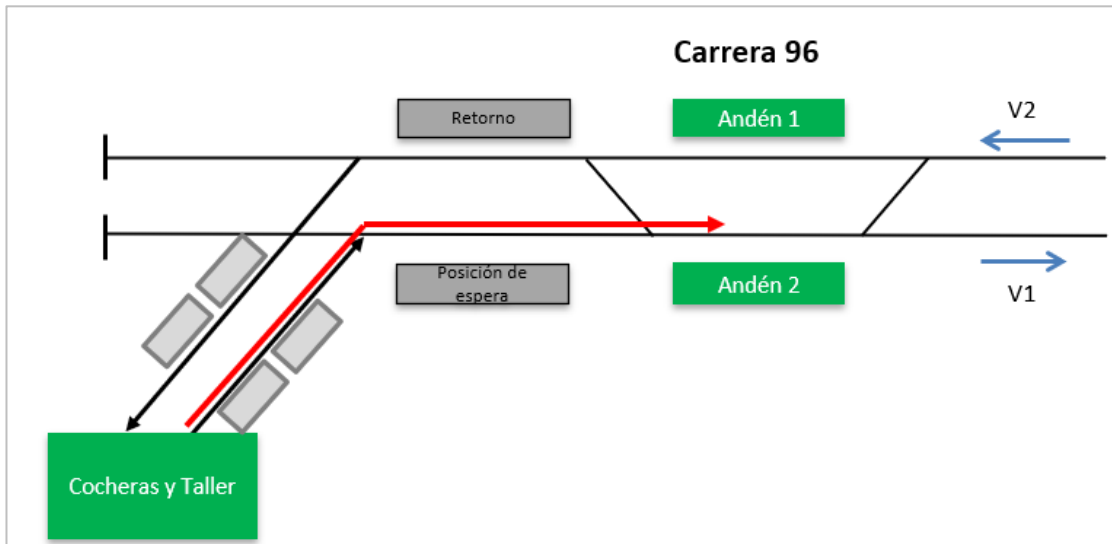
- Al final del servicio comercial: los trenes se dirigen hacia las cocheras y a las posiciones de estacionamiento de las estaciones terminales N°01-Carrera 96 y N°19.
- Durante el servicio comercial: los trenes se dirigen al taller o a la cochera.

El movimiento de retirada hacia las cocheras es explicado en el siguiente esquema:

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 19: Retirada de trenes hacia cocheras



La retirada de los trenes se realiza automáticamente según la tabla horaria y la disponibilidad de las posiciones de estacionamiento. Cuando se retira un tren del servicio comercial, un mensaje grabado informa a los pasajeros que el tren debe vaciarse. Las puertas deben permanecer abiertas mientras que el asistente comercial a bordo verifica que no quedan pasajeros en el tren.

En cuanto el tren está vacío, el PCC da la autorización al tren de circular hasta las cocheras o las vías de transferencia.

#### 4.4.1.7. Cierre de la línea

El procedimiento de cierre de la línea empieza con la retirada progresiva de los trenes de la línea, y con el cierre de las estaciones a los pasajeros (en cuanto pasa el último tren por la estación).

Al final del servicio comercial, si todos los trenes están en horario, el operador del PCC valida el "fin de la operación diaria". Si el último tren está retrasado, se activa un mensaje de alerta, anunciando que el "fin de la operación diaria" no puede validarse. Una vez resuelto el problema, el operador validará el fin de la operación.

El procedimiento «fin de la operación diaria» puede también comandarse manualmente por el operador antes de la hora prevista.

Cuando se valida el fin de la operación, el sistema se considera detenido. Durante este periodo:

- El equipo del turno noche trabaja en el PCC;
- No existe circulación en servicio comercial. Los trenes que circulan son trenes de mantenimiento o de prueba que cuentan con una autorización especial del PCC;



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

- Se corta la alimentación de energía de tracción, a menos que la operación de mantenimiento requiera la alimentación eléctrica en una zona específica de la línea;
- Se reduce la iluminación de las estaciones, para ahorrar energía. Sin embargo, por razones de seguridad, se debe mantener un mínimo de iluminación;
- La señalización fija y los equipos de telecomunicaciones continúan alimentados eléctricamente,
- El taller está abierto y con alimentación eléctrica. El responsable del centro de mantenimiento y el personal a cargo se ocupa de coordinar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

#### 4.4.1.8. Cierre de las estaciones

Los responsables de estación se encargan del cierre de las estaciones. Estos deben comprobar previamente que no queden pasajeros en las mismas. Si bien las cámaras en el centro de vigilancia y en el puesto de operador de estación ayudan a verificar que las estaciones estén vacías, el responsable debe comprobarlo personalmente.

#### 4.4.2. Regulación automática del tráfico

La regulación del tráfico, esencial para la operación en buenas condiciones de la línea o del sistema, se traduce en:

- La aplicación de los horarios teóricos previstos, teniendo en cuenta los tiempos de salida de los trenes en las cocheras y de retorno en las terminales;
- El ajuste en tiempo real de los horarios en caso de perturbación. El objetivo es conservar una frecuencia de paso lo más regular posible, acercándose al intervalo teórico;
- Que la regulación sea eficaz dependerá de la rápida reacción de los operadores y de la optimización de la capacidad del sistema de transporte;

La regulación del tráfico se basa en dos tipos de datos:

- Datos fijos: configuración de la línea, características del material rodante, tabla horario teórica, etc.
- Datos variables: posición en tiempo real de los trenes en la línea, perturbaciones que afectan al tráfico (material rodante averiado, problema de alimentación eléctrica, etc.).

Por lo tanto, la regulación del tráfico necesita sistemas de información en tiempo real, que permitan identificar y localizar los trenes en la línea, así como medios de intervención eficaces, para reducir los efectos de las perturbaciones.

Mediante los sistemas de información, la regulación de la línea se realiza en dos modos:

- Las regulaciones de horario automáticas (el método comúnmente utilizado)
- El intervalo constante

##### 4.4.2.1. Regulación de horario automático

Este modo tiene dos objetivos: la regularidad de la línea y el cumplimiento del programa de operación. El programa de operación predefine las tablas horarias que son validadas a cada día, y especifica los elementos siguientes:

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

- Todos los viajes de trenes en vías principales (número de identificación de los trenes, misiones de los trenes, hora “teórica/estimada/ordenada/cumplida” de llegada y de salida en todas las estaciones, reserva de tiempo en terminal...);
- Todos los programas de aparcado/desaparcado en cocheras y estaciones terminales (identificación de los trenes, misiones de los trenes, hora de salida/llegada a la posición de estacionamiento).

Los trenes seguirán las líneas del programa de operación a lo largo del día (desde el inicio del servicio hasta el fin) para realizar la oferta de transporte.

La regulación automática del tren se aplica únicamente a los trenes asignados a “misión” en el programa de operación. Los trenes que operan “sin misión” no son programados, y funcionan utilizando los tiempos de estacionamiento y las velocidades normales permitidos.

La regulación de horario se cumplirá mediante la comparación continua del tiempo previsto de llegada del tren con el tiempo programado de llegada en cada estación. Se realizarán ajustes automáticos para restituir los trenes a su horario teórico.

#### 4.4.2.2. Intervalo constante

Este modo tiene como objetivo de mantener la regularidad de la línea. El intervalo es calculado automáticamente por el sistema de acuerdo con el número de trenes que circulan en línea. Este método de regulación puede ser empleado después de un incidente, por ejemplo, con el fin de facilitar la recuperación del tráfico.

Cuando el tren llega al andén designado, el sistema debe determinar el tiempo requerido de salida basado en el tiempo de salida del tren anterior y del intervalo constante definido. Se determina el tiempo de estacionamiento óptimo basado en la comparación entre el tiempo de llegada del tren y el tiempo requerido de salida. Si el tiempo de estacionamiento óptimo está entre el mínimo y máximo del tiempo de estacionamiento para esa estación, entonces se asigna ese tiempo de estacionamiento al tren. Si excede el tiempo de estacionamiento máximo, entonces el tiempo de estacionamiento máximo se utiliza para este tren en esa estación y si es menor al tiempo de estacionamiento mínimo entonces el tiempo de estacionamiento mínimo se utilizará para ese tren en esa estación. Se inicia la operación cuando se selecciona “Establecer el comando de regulación del intervalo”. Este comando debe permitir al operador configurar los parámetros para la regulación del intervalo. El operador puede designar el intervalo necesario y el andén desde el cual comenzar la regulación de intervalo.

#### 4.4.3. Posiciones de estacionamiento

Los trenes pueden estacionar, dormir y despertar automáticamente en los siguientes lugares:

- Cocheras;
- Zona de retorno en estaciones terminales de Portal Américas (6 trenes) y N°19 (8 trenes);
- Vía de enlace hacia la cochera.

#### **4.4.4. Limpieza de los trenes**

Se establece una estrategia para mantener el tren limpio durante todo el periodo de funcionamiento de la línea. Esta estrategia se organiza de dos etapas: lavado exterior e interior y limpieza interior.

##### **4.4.4.1. Lavado exterior e interior**

Un número de veces por semana (definido por el operador de la línea), los trenes pasarán por la máquina de lavado. Esto se realiza para eliminar la suciedad externa acumulada durante el funcionamiento normal.

El lavado interior se efectúa en la primera vía de la cochera según la misma periodicidad, que se establecerá en función de las condiciones propias de operación en la línea

##### **4.4.4.2. Limpieza interior**

Durante el día, se revisa el interior de los trenes para eliminar la basura dejada por los pasajeros (diarios, latas, etc.). El trabajo se puede realizar durante la maniobra de retorno en la estación terminal del tren. Además, esta operación se debe realizar para evitar un incidente de operación: un desperdicio en el tren puede impedir el cierre de las puertas.

La limpieza diaria no es suficiente para mantener, en el tiempo, un tren limpio. De forma periódica, es necesario realizar un lavado interior profundo, con agua y productos especiales. Se hace en las cocheras en 3 posiciones dedicadas para esto.

##### **4.4.4.3. Solicitud de Intervención**

Cuando un agente de operación viaja en un tren, está a cargo de informar al operador del PCC sobre cualquier problema relacionado con la limpieza del tren. Entonces el operador se encarga de estacionar el tren y enviar a un equipo de limpieza al tren.

#### **4.4.5. Procedimiento de transferencia modo manual / modo automático**

La posición de transferencia asegura la frontera entre la parte manual y la parte automática.

Además, una función especial debe impedir la circulación automática de los trenes cuando la posición de transferencia se encuentre bajo control de un agente de mantenimiento en el Puesto de Maniobra del Taller (PMT).

El procedimiento de transferencia de modo automático a modo manual es el siguiente:

- El operador Patio-Taller del PCC gestiona los itinerarios desde las cocheras o la línea hasta la zona de transferencia;
- El tren se detiene automáticamente en la posición de transferencia;
- El “conductor” del personal de mantenimiento pulsa un botón para pedir la desautorización del movimiento automático del tren y permitir así el ascenso del conductor;
- El PMT desactiva la autorización de movimiento;
- Cuando el tren se encuentra inmovilizado, el conductor ingresa al mismo a través de la primera puerta utilizando una llave especial;
- El conductor toma el mando del tren abriendo el pupitre con la llave especial;
- El conductor activa el modo manual. A partir de ese momento, el tren se encuentra completamente bajo responsabilidad del conductor. Este utiliza la bocina y las luces intermitentes para advertir al resto del personal del movimiento del tren;
- El inspector del PMT previene al personal presente en la zona no automática, y da la autorización al conductor para que avance.

En el otro sentido, el procedimiento de transferencia de modo manual a modo automático es el siguiente:

- El “conductor” del personal de mantenimiento a bordo del tren llega hasta la posición de transferencia en modo manual;
- El conductor pasa a modo automático UTO;
- El tren realiza una serie de ensayos estáticos;
- El conductor recorre el interior del tren para descender por la puerta más cercana al taller;
- El inspector del PMT comprueba que el tren se encuentre en modo automático;
- Cuando el conductor se encuentra fuera de la zona automática, este pulsa un botón para pedir la autorización de movimientos automáticos del tren;
- Si el resultado de las pruebas ha sido positivo, el tren es apto para el servicio comercial;
- El PMT autoriza el movimiento automático;
- El operador Patio-Taller del PCC gestiona los itinerarios desde zona de transferencia hasta las cocheras o la línea asignando una misión al tren.

#### 4.5. MODO DEGRADADO

La operación nominal puede verse perturbada por diversos eventos: falla del material rodante, falla de los sistemas, eventos externos (por ejemplo, pasajero enfermo en un tren), etc. En cada caso, el operador deberá utilizar las funcionalidades del sistema para mitigar el impacto de estos eventos sobre la circulación de los trenes y reducir los riesgos sobre los pasajeros o el personal de operación.

Por lo general, las fallas que se producen en un subsistema (material rodante, equipos de estación, etc.), envían una alarma al PCC, con un mensaje explícito y una señal. Sin embargo, ciertos eventos, como lo es la presencia de un pasajero enfermo a bordo del tren, no se traducen en el envío de una alarma al PCC. Este tipo de eventos deberán ser informados mediante el botón de emergencia dentro del tren o por el personal de estación.

Cada alarma o problema cuenta con procedimientos específicos para resolverlos, elaborados según la normativa existente, y deben que seguirse obligatoriamente para concluir el incidente.

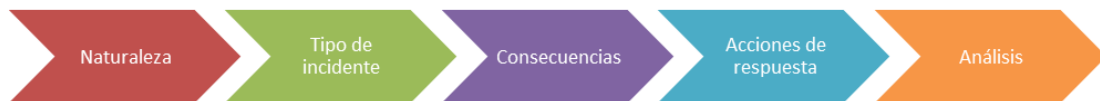
La seguridad integrada en la concepción de los sistemas de señalización implica que, en caso de falla de un equipo, el sistema operará en modo nominal si es seguro, o lo hará bajo ciertas restricciones para impedir que ocurra un incidente.

Cualquiera sea la naturaleza de la falla o del incidente (causas internas o externas) y la magnitud de sus consecuencias (menor o mayor), debe establecerse una estrategia que permita reestablecer la operación normal y minimizar el impacto negativo en los pasajeros.

Esta estrategia debe basarse en:

- La naturaleza y el tipo de incidente;
- Las consecuencias y las medidas de recuperación para minimizar el impacto sobre los pasajeros;
- Las acciones de respuesta ante la interrupción o situación de emergencia;
- El proceso para el análisis de incidentes (resumen informativo) para mejorar el propio sistema y las “Reglas y Procedimientos”.

*Ilustración 20: Estrategia para la gestión de incidentes*



##### 4.5.1. Gestión de incidente

###### 4.5.1.1. Organización general

El personal del PCC debe tener una vista completa de la línea, conocer todos los eventos de la línea en tiempo real y lo que está planificado. En caso de evento no planificado, se debe informar a los pasajeros y, si es posible, redefinir la oferta de transporte.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

El personal del PCC posee la responsabilidad de la gestión del incidente de la línea. Por otro lado, el personal presente en las estaciones debe ser capaz de intervenir lo más rápido posible para solucionar el incidente, por ejemplo, conduciendo un tren automático en manual, o aislando una puerta de andén.

Los equipos de mantenimiento deben estar listos para intervenir durante las horas de operación para resolver cualquier tipo de perturbación.

#### 4.5.1.2. Información al pasajero

Ante la interrupción de la circulación del metro o cierto nivel de retraso, se debe informar a los pasajeros a bordo de los trenes y en estaciones. La comunicación se realiza a través del personal del PCC.

La información debe ser clara y concisa. El operador debe definir mensajes de información estándar, específicos para cada tipo de incidente y tiempo estimado de resolución. Esta información debe transmitirse lo más rápido posible para permitir que el pasajero considere elegir un itinerario alternativo.

Cuando un tren se detiene en el viaducto, la comunicación a bordo es de suma importancia. La falta de comunicación puede causar la evacuación espontánea, situación que puede aumentar considerablemente el tiempo de resolución del incidente.

La información será comunicada al pasajero a través de diversas herramientas:

- En la estación desde el PCC:
  - Visualmente a través de pantallas en tiempo real;
  - Sonoramente a través de los equipos de alta voces;
- En la estación:
  - Mediante el personal de la estación;
- A bordo de los trenes desde el PCC:
  - Visualmente a través de pantallas en tiempo real;
  - Sonoramente a través de los equipos de alta voces.

#### 4.5.1.3. Naturaleza del incidente

El movimiento de los trenes puede verse afectado por incidentes de distinta naturaleza: de causa interna o causa externa.

#### **Causa interna**

Los incidentes de causa interna son aquellos que provienen de la falla de subsistemas o de equipos del Metro:

- Vía;
- Alimentación del corriente de tracción;
- CBTC;
- Material rodante;
- PDA;
- Control de operación y sistema de ayuda.

### **Causa externa**

Los incidentes de causa externa se deben principalmente a:

- Pasajeros (persona enferma, vandalismo, etc.);
- Manifestaciones;
- Apagón eléctrico;
- Sismos;
- Incendio.

#### 4.5.1.4. Tipo de incidente

El tipo del incidente deberá permitir detallar de forma más precisa:

- Sus consecuencias;
- Las medidas operacionales que el operador debe establecer en el contexto de reglas y procedimientos;
- En caso de ser necesario, las acciones pertinentes que el servicio de mantenimiento debe establecer (ej. encarrilamiento).

A modo de ejemplo, se indica a continuación los incidentes, originados por causa interna, más habituales de una línea UTO:

- Vía:
  - Roturas del riel;
  - Ruido anormal;
  - Daño de los aparatos de cambio de vías.
- Corriente de Tracción:
  - Falla del sistema de alimentación;
  - Detección de cortocircuito/sobre voltaje.
- CBTC:
  - Falla del equipo ATC (control automático del tren) a bordo;
  - Falla de un equipo ATC suelo;
  - Falla del sistema de comunicación ATC (radio y red);
  - Falla del sistema de enclavamiento.
- Material Rodante:
  - Falla de la alimentación de energía;
  - Falla del sistema de tracción;
  - Falla del sistema de frenos;
  - Falla de las puertas;
  - Panel de vidrio quebrado, parte del equipamiento desmantelado, entre otros;
  - Descarrilamiento/colisión.
- PDA:
  - Falla de una puerta (motor, vidrio roto o sistema de control);
  - Falla de todas las puertas en un andén.
- Control de operación y Sistema de ayuda:

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

- Falla del sistema SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos);
- Falla del sistema ATS;
- Falla de comunicación (altavoces).

#### 4.5.1.5. Consecuencias

Los incidentes descritos anteriormente pueden perturbar la operación de la línea en distinto grado, pudiendo generar alguna de las siguientes situaciones:

- Perturbación menor;
- Perturbación mayor;
- Situación de emergencia.

#### **Perturbación menor**

Una perturbación menor es un incidente o falla que produce una alteración en la circulación de los trenes que puede recuperarse fácil y rápidamente. Se considera que el incidente o falla se trata de una perturbación menor si presenta alguna de las siguientes consecuencias:

- Circulación de un tren a baja velocidad;
- Retiro de un tren de la programación operativa;
- Incidente que detiene un tren menos de 5 min.

Estas interrupciones provocan una acumulación de trenes detrás del tren afectado y un aumento del intervalo entre este y el tren que le precede.

Para reestablecer la situación de operación normal, el operador del PCC deberá adoptar alguna de las siguientes medidas:

- Monitoreo de los trenes implicados;
- Aplicación de circulación con marcha acelerada para recuperar el retraso (aumentar la velocidad del tren y utilizar así el tiempo de reserva). Una reserva de tiempo considerable entre el modo normal y el modo acelerado permite mantener fácilmente la regularidad de la línea. En este caso se adoptó 5 s/km;
- Disminución del tiempo de estacionamiento;
- Detención de los otros trenes;
- Absorción del retraso usando el tiempo de reserva en las estaciones terminales.

Si las medidas adoptadas no fueran suficientes, es decir, si el retraso aumenta, se deberán considerar medidas alternativas. Dependiendo de la ubicación de los trenes en la línea, la ubicación de los servicios provisorios, la flexibilidad entregada por el tren de reserva, una o varias de las siguientes medidas correctivas se pueden implementar para ofrecer un mejor servicio:

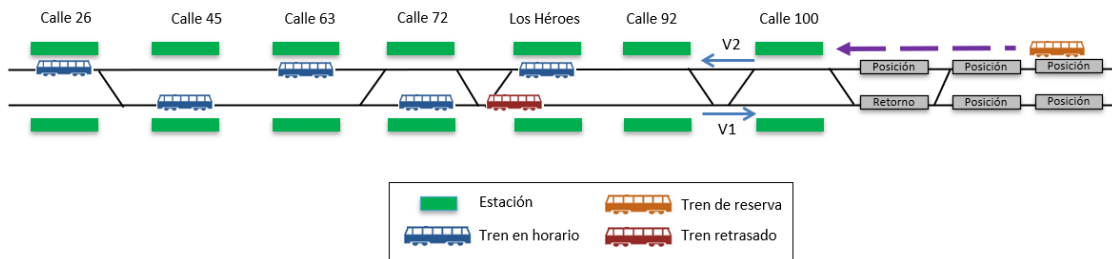
- Un tren de reserva se introduce en la línea (desde la cochera o desde una estación terminal) como un tren adicional:



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

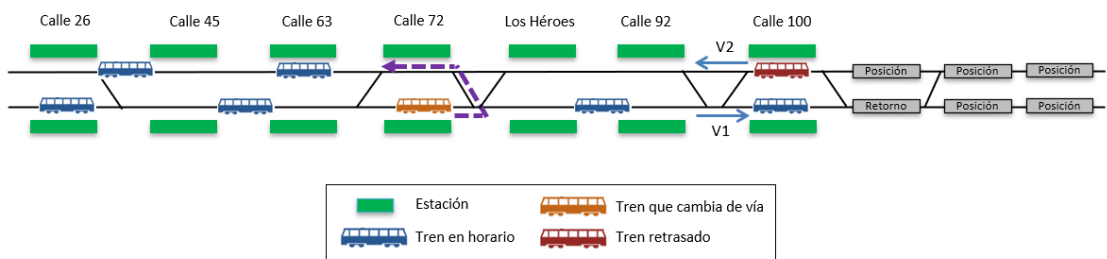
ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 21: Inyección del tren de reserva desde la terminal Calle 100



- Un tren que circula en la vía opuesta al incidente efectúa una maniobra de retorno en línea, mediante uno de los servicios provisorios, para dirigirse a la vía donde se originó este retraso y, disminuir así, el aumento del intervalo:

Ilustración 22: Cambio de vía en servicio provisorio de Calle 72



En el caso de pequeños retrasos, que no permiten volver a los tiempos teóricos de la tabla de horarios, existen dos modos de regulación:

- Regulación a intervalo constante, donde el objetivo es respetar un intervalo constante entre la salida de una determinada estación de dos trenes consecutivos;
- Regulación completamente manual, donde el operador del PCC gestiona manualmente las llegadas y salidas de los trenes.

Si los problemas persisten, no se podrá reestablecer rápidamente la línea, los objetivos de calidad no serán alcanzados y el servicio puede verse seriamente afectado. En estas condiciones, la perturbación menor se convertirá probablemente en una perturbación mayor.

### **Perturbación mayor**

En el caso en que una o dos vías de circulación se encuentren inutilizables, la empresa operadora del Metro de Bogotá debe tener la posibilidad de continuar la operación en las secciones de la línea no afectadas para minimizar así el impacto del incidente sobre los usuarios.

Los sistemas de señalización y conducción, así como los sistemas de alimentación de energía y de tracción deben permitir el uso de servicios provisorios.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

La alimentación eléctrica estará seccionada en correspondencia con la ubicación de los servicios provisorios. De esta manera, el operador podrá ordenar el corte de la energía de tracción en la zona del incidente en caso de que sea necesario.

Este tipo de perturbación provoca modificaciones mayores en la línea.

### **Situación de emergencia**

Esta situación se declara cuando existe riesgo de que personas resulten heridas y cuando la operación deja de ser posible: en caso de interrupción mayor (en el área no operada), o cuando el nivel de seguridad de los pasajeros no se puede garantizar (presencia de humo, por ejemplo).

En caso de emergencia, se involucra todo el personal del Metro de Bogotá y los servicios de emergencia deben contactarse a través del canal de radio de emergencia.

#### **4.5.1.6. Acciones de repuesta**

Para resolver un incidente o falla y reestablecer así la operación normal de la línea, el personal de estación, bajo las órdenes del PCC, deberá ser capaz de llevar a cabo determinadas acciones o reconfiguraciones en la estación, en la vía y a bordo del tren. En la mayoría de los casos, se debe avisar al personal de mantenimiento para poder resolver la falla.

A continuación, se presenta una lista no exhaustiva de posibles intervenciones frente a incidentes especificados.

### **Perturbación menor**

Las intervenciones que se presentan a continuación permiten resolver perturbaciones menores. Si el personal se encuentra correctamente organizado y capacitado, estas acciones pueden implementarse en tiempos inferiores a los 5 minutos.

#### **Falla Puertas de Andén**

Un tren no podrá salir de la estación si una de las PDA no se encuentra en “posición cerrada”. Este incidente puede producirse por una falla del motor o del control de la PDA o debido a un vidrio roto y su duración se corresponderá con el tiempo necesario para realizar la intervención.

Para poder reiniciar la operación, el operador PCC deberá requerir al responsable de la estación u otro personal de operación presente en la misma, aislar la puerta afectada (posición abierta o cerrada). Cuando una PDA está aislada, el motor no funciona y el control de la puerta se fuerza a la posición cerrada lo que permite continuar con la operación. En el caso de una puerta aislada en “posición abierta”, la puerta debe ser protegida por los asistentes de estación.

#### **Evacuación del tren en estación**

Si no es posible operar un tren normalmente por razones de seguridad, el operador del PCC deberá requerir al personal de estación y al asistente comercial a bordo la evacuación del mismo. La evacuación puede ser necesaria debido a:

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

- Falla del sistema de frenos de un coche;
- Falla del sistema de puertas del tren;
- Fallas en el sistema de tracción;
- Rotura de una o varias ventanas del tren.

El tren deberá entonces dirigirse sin pasajeros a las cocheras o a una posición de estacionamiento en modo automático, siempre y cuando esto sea posible. Para estas situaciones, debe preverse un modo de conducción UTO que permita:

- Eludir ciertas condiciones de seguridad que impedirían la circulación del tren;
- La conducción automática del tren hasta el taller o una posición de estacionamiento, sin parada en las estaciones.

Mayores precisiones sobre los procedimientos de protección y seguridad para este y otros tipos de evacuación podrán encontrarse en sección 4.5.2.1.

#### Mando local para Puertas de Andén

En caso de que no se abran todas las PDA, el operador del PCC pedirá al personal de estación la utilización del mando local situado en el andén. Se deberá realizar hasta la intervención del personal de mantenimiento.

#### Personal de operación en tren y/o estación

Debido a la pérdida de un sistema de control en el PCC o si la línea se encuentra saturada, el jefe del PCC deberá solicitar al personal de la estación que se mantenga a bordo del tren y/o que permanezca en el andén.

Ejemplos:

- Falla de SCADA (control de los equipos de seguridad);
- Falla de los altavoces;
- Multitud excepcional de viajeros en la estación.

#### Palanca de emergencia

Las consecuencias a la activación de la palanca de emergencia en el interior del tren dependerán de la situación en la que este se encuentre. En cualquier caso, se enviará una alarma al PCC:

- Si el tren está en estación, el tren se quedará parado hasta que el operador anule la alarma (PCC o personal de estación);
- Si el tren está en movimiento en interestación no se le detiene hasta la próxima estación, donde permanecerá parado hasta la anulación de la alarma por parte del PCC o del personal de estación;
- Si el tren está parado en interestación:
  - Se envía una alarma al PCC, que se pone en contacto con los pasajeros y observa la situación con las cámaras correspondientes. Es el PCC el que decide, luego de hablar con los pasajeros, si anula la alarma o destraba las puertas, indicando a los pasajeros que la palanca a accionar. Una vez abiertas las puertas, se corta la circulación de trenes y la corriente en la zona;

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

- Si el PCC no responde o si se pierde la comunicación con este, se indicará a los pasajeros con un mensaje pregrabado que utilicen la palanca para destrabar las puertas. Una vez abiertas las puertas, se corta la circulación de trenes y la corriente en la zona;
- Si el detector de incendios indica la presencia de humo en el tren, se indicará a los pasajeros con un mensaje pregrabado que utilicen la palanca para destrabar las puertas. Una vez abiertas las puertas, se corta la circulación de trenes y la corriente en la zona.
- Si el tren está saliendo del andén:
  - El sistema calculará si es posible frenar de manera que al menos un coche permanezca accesible a través del andén;
  - Si no es posible, el tren se desplaza hasta la estación siguiente, donde permanecerá detenido hasta que el operador anule la alarma.

Luego de la anulación de la alarma por parte del operador tráfico del PCC o del personal a bordo, el tren continuará con su servicio normal.

#### Pérdida de localización de un tren

En determinadas situaciones, se requerirá una función de conducción de respaldo que permita mover un tren por medio de un comando a distancia desde el PCC a muy baja velocidad. El tren deberá dirigirse hasta la próxima estación o hasta el próximo sitio de inicialización del CBTC embarcado.

Esta función permitirá recuperar el movimiento de los trenes en conducción automática, sin ser necesario el envío de un conductor. La cámara instalada en la parte frontal del tren permitirá al operador del PCC seguir el movimiento del tren y supervisar la vía.

#### Perturbación mayor

Las siguientes acciones o intervenciones son llevadas a cabo ante perturbaciones mayores. Cuando estos procedimientos se implementen, tardará más de 5 minutos para resolver el incidente y volver a operar la línea en modo normal.

#### Servicios provisorios

En el caso en que una o dos vías de circulación se encuentren inutilizables, el metro de Bogotá operará en modo degradado mediante Servicios Provisorios (SP): una o dos partes de la línea se operan independientemente y los trenes cambian de vía y de sentido en las estaciones intermedias equipadas de aparatos de vía.

Además, un procedimiento de regulación por intervalo constante también se pone en funcionamiento.

La tabla siguiente muestra los servicios provisorios que deben ser implementados en función de la ubicación del incidente:

Tabla 37: Ubicación del incidente y sus consecuencias sobre la operación

Incidente	Servicio provisorio, lado sur del incidente	Servicio provisorio, lado norte del incidente
En Carrera 96		Portal Américas – N°19
En Portal Américas		Kennedy – N°19

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

<b>Entre Carrera 80 y Calle 42</b>	Carrera 96 – Portal Américas	Kennedy – N°19
<b>En Kennedy</b>	Carrera 96 – Portal Américas	NQS – N°19
<b>Entre Kennedy y Carrera 50</b>	Portal Américas – Kennedy	NQS – N°19
<b>En NQS</b>	Portal Américas – Kennedy	Calle 26 – N°19
<b>Entre Nariño y Calle 10</b>	Portal Américas – NQS	Calle 26 – N°19
<b>En Calle 26</b>	Portal Américas – NQS	Calle 72 – N°19
<b>Entre Calle 45 y Calle 63</b>	Portal Américas – Calle 26	Calle 72 – N°19
<b>En Calle 72</b>	Portal Américas – Calle 26	N°18 – N°19
<b>En N°17</b>	Portal Américas – Calle 72	N°18 – N°19
<b>Entre N°18 y N°19</b>	Portal Américas – Calle 72	

Los esquemas de circulación en modo degradado con servicios provisorios se encuentran en el apéndice 1.4 del presente documento.

#### Acceso a la vía

En ciertos casos, el acceso a la vía resulta indispensable para resolver determinados incidentes. Este procedimiento permite comprobar si la operación aún es segura, definir el origen de la falla, acceder al tren ubicado en el viaducto o manipular equipo ubicado en las vías. Esta operación es controlada por el PCC y puede realizarse únicamente por personal autorizado.

El acceso a las vías se establece, entre otros, para los siguientes incidentes:

- Ruido anormal en las vías;
- Riel roto (ruido identificado por los pasajeros o por el personal);
- Obstáculo en la vía (si un tren se detiene de forma automática luego de golpear un objeto);
- Falla del tren (en viaducto);
- Cortocircuito;
- Manejo de evacuación espontánea.

#### Conducción manual

Si un tren presenta una falla importante, puede ser necesario retirarlo en modo manual. El PCC es el encargado de ordenar el modo manual del tren que será conducido por un agente de operación en CMR-30.

El tren será retirado a la ubicación más cercana posible (taller, cocheras, etc.) para evitar perjudicar a la operación y no producir retrasos. La evacuación de los pasajeros se realizará en la primera estación que se encuentre en el recorrido. Luego un nuevo tren se introducirá al servicio desde las cocheras o desde una estación terminal.

La marcha del tren es responsabilidad absoluta del agente de operación dentro del límite de velocidad impuesto por el material rodante. El personal de operación que está capacitado para realizar esta tarea son los responsables de estación.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ejemplos (falla del tren):

- Falla de ATC a bordo en un tren;
- Tracción del tren fuera de servicio (conforme a las instrucciones del constructor del tren);
- Sistema de frenos del tren fuera de servicio (conforme a las instrucciones del constructor);
- Socoro del tren (acoplamiento del tren en falla con un tren sin falla).

Ejemplos (otros casos):

- Falla del sistema de comunicación (radio a bordo y en la vía, red);
- Falla del equipo ATC fijo (evacuación de todos los trenes de la zona ATC en falla);
- Falla del sistema de enclavamiento (no se puede detectar la posición del aparato de vía);
- Terremoto: antes de comenzar la operación con pasajeros, para revisar las vías desde el tren a muy baja velocidad en modo manual para poder detener el tren en caso que sea necesario).

#### Control de aparato de vía

Si el CBTC no reconoce la posición del aparato de vía, el movimiento automático del tren será posible a través de éste. Ante esta situación, el personal autorizado deberá dirigirse a la vía para revisar las agujas o moverlas manualmente si es necesario recuperar la detección.

Ejemplos de incidentes de posición de aparato de vía:

- Falla del sistema de enclavamiento;
- Daño de los aparatos de cambio de vías.

#### Acoplamiento del tren

En el caso en que el material rodante requiera socorro, el jefe de PCC aplicará el procedimiento operacional correspondiente para resguardar la seguridad de los pasajeros y del equipo.

El acoplamiento será realizado por una persona capacitada a tal efecto y bajo el mando del jefe del PCC. Luego, el tren con fallas será arrastrado o empujado hacia una posición donde no obstruya el servicio comercial de la línea.

#### Requerimientos del equipo de mantenimiento

Todos los incidentes técnicos requieren la intervención de un grupo de mantenimiento para reparar la falla. Si el jefe de PCC es capaz de establecer una estrategia que permita operar en modo normal a pesar de la falla, la intervención del personal del mantenimiento se realizará fuera del horario de servicio comercial (durante la noche, o en los talleres).

En caso contrario, los equipos de mantenimiento deberán actuar inmediatamente. Por esta razón, se deberá disponer de un equipo en todo momento durante las horas de operación comercial.

A continuación, se citan algunos ejemplos de incidentes para los cuales se requieren la intervención del equipo de mantenimiento durante las horas de servicio comercial:

- Descarrilamiento;
- Colisión del tren;

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

- Pérdida total de la corriente de tracción: en este caso, aunque se haya cortado la corriente de tracción, el sistema deberá permitir al tren alcanzar o aproximarse de la siguiente estación para facilitar la evacuación de los pasajeros.

#### Servicio de llamadas de emergencia

En caso de emergencia, el operador tráfico-línea del PCC o el responsable de estación deberá informar al jefe del PCC, quien guiará a los servicios de emergencia a la ubicación para prestar la ayuda. Por ejemplo, en el caso de un pasajero enfermo.

#### **Situación de emergencia**

Las siguientes situaciones de emergencia se establecen para manejar situaciones graves: ya no es posible seguir con la operación en una parte o la totalidad de la línea por razones técnicas o de seguridad. La parte no operada de la línea se debe evacuar (tren y estación).

#### Detención de la operación

En el caso en que el PCC se encuentre fuera de servicio o cuando exista peligro para la seguridad de los pasajeros, la operación deberá ser detenida. A tal fin, el PCC deberá disponer de un botón de operación de detención progresiva. De esta manera, los trenes se detendrán con las puertas abiertas en todas las estaciones. Un botón en cada andén debe permitir entregar una orden de salida al tren de manera tal que permita al siguiente tren, ubicado en interestación, llegar a la estación para evacuar.

La evacuación de la línea es manejada por el personal operacional en las estaciones y en los trenes bajo la responsabilidad del PCC.

Este procedimiento se realiza, por ejemplo, en los siguientes casos:

- Detección de incendio y humo;
- Corte de energía;
- Falla ATS.

#### Incendio y detección de humo

En el caso de incendio o humo, el operador tráfico-línea del PCC detendrá inmediatamente todos los trenes que se dirijan hacia el foco de incendio.

Mayores detalles al respecto se presentan en el apartado 4.5.2.3.

#### 4.5.1.7. Análisis del incidente

Cuando una perturbación mayor o situación de emergencia ocurre, independientemente de todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad ferroviaria, asistencia e información a los pasajeros y continuidad del servicio, las siguientes acciones deberán llevarse a cabo para realizar un análisis del incidente que permita tomar medidas de recuperación y de mejora continua:

- Recopilación de información;
- Recopilación de declaraciones del personal y testigos;
- Estado de los parámetros registrados;
- Procesamiento de datos;
- Acciones Correctivas.

##### **Recopilación de información**

Las personas encargadas de la investigación del incidente deben recopilar inmediatamente la información antes que esta desaparezca. La evidencia e información sobre el personal, los pasajeros, los trenes, los cambios de vías, el equipo al costado de la vía, la disponibilidad del equipo de radio, etc., debe registrarse especificando la hora del incidente y las declaraciones relacionadas.

En la medida de lo posible y, si es necesario, es recomendable complementar este proceso mediante la toma de fotografías de los distintos elementos afectados.

##### **Recopilación de declaraciones del personal y testigos**

Las declaraciones deben tomarse en el lugar e inmediatamente luego del incidente, de modo que las partes implicadas o los testigos relaten espontáneamente y sin retrospectiva su percepción del incidente. Estas declaraciones se deben escribir conforme a la cronología de los hechos.

##### **Estado de los parámetros registrados**

La recolección de los parámetros registrados (en el tren, en el PCC, en el SCADA) deben realizarse inmediatamente después de ocurrido el incidente por una persona capacitada a tal efecto.

##### **Procesamiento de datos**

La evaluación de la información colectada dará lugar a la redacción de los informes correspondientes. Estos deberán permitir:

- Detallar las características del incidente;
- Establecer un árbol de fallas informando, de la forma más exhaustiva posible, los hechos del incidente sin efectuar ningún comentario acerca de las responsabilidades de los sistemas, personal y/o pasajeros involucrados;
- Proveer una respuesta ante los requerimientos de las autoridades y las organizaciones de consumidor.

Además, la información será archivada y clasificada por fecha y categoría de falla, permitiendo generar una base estadística que permita disponible para evaluar la evolución del sistema, sus limitaciones y las mejoras realizadas.



### **Acciones correctivas**

Un análisis detallado de los informes permitirá al operador sopesar la aplicación de acciones correctivas que puedan prevenir la ocurrencia del incidente o, al menos, reducir sus consecuencias.

Estas acciones correctivas pueden abarcar:

- Modificación de las reglas y procedimientos;
- Actualización de la capacitación;
- Mayor información para el público y/o el personal;
- Modificación de la organización y de las responsabilidades;
- Modificación de los equipos;
- Modificación de los sistemas informáticos;

#### **4.5.2. Procedimientos de protección en casos particulares**

A continuación, se presentan los procedimientos de protección que deberán llevarse a cabo para ciertos casos particulares como la pérdida de energía de tracción, detección de humo, entre otros.

El CBTC deberá proporcionar la información necesaria sobre la situación de peligro al operador del PCC. Si el sistema no reacciona automáticamente, el operador del PCC podrá:

- Accionar un botón de Emergencia;
- Prohibir los movimientos automáticos en una zona;
- Aplicar un límite de velocidad temporal;
- Cortar la corriente de tracción en una zona o en toda la línea.

##### **4.5.2.1. Evacuación**

La decisión de evacuar uno o varios trenes debe ser tomada por el PCC. En cuanto ocurre un incidente importante en la vía, se deberá retener los trenes en estación. Si estos se encuentran en interestación, los trenes deberán avanzar hasta la próxima estación para priorizar la evacuación sobre el andén.

Asimismo, se dispondrá de un botón en el andén que permita enviar un tren vacío (luego de la evacuación) de forma automática a la interestación y liberar así la estación para la llegada del siguiente tren con pasajeros. Esto permitirá evacuar en estación los pasajeros de algún tren que haya podido quedar detenido en interestación.

De no ser posible, la evacuación se realizará en la vía. Para ello, se cortará la circulación de los trenes y la alimentación eléctrica en la zona. En este caso, los pasajeros descenderán a la vía por las puertas laterales mediante escaleras que se encuentran en el interior de los trenes destinadas a tal efecto. En estos casos, la comunicación entre el PCC y los diferentes agentes de operación resulta fundamental.

Durante los dos primeros años de operación, los asistentes comerciales coordinarán la evacuación de los pasajeros del tren. Luego de este periodo, se enviarán agentes de operación para dirigir este procedimiento. Es importante mantener a los pasajeros informados, para que sepan que la empresa operadora del Metro de Bogotá está a cargo de la situación y que no existe ningún peligro.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

La decisión de evacuar un tren puede ser tomada rápidamente, pero la evacuación en si misma tiende a ser lenta. Por esta razón, siempre y cuando sea posible, otras soluciones deberán priorizarse.

#### Evacuación de un tren en estación

Cuando se necesita evacuar un tren, se debe hacer el máximo esfuerzo para llevar el tren a la estación siguiente y evacuarlo en el andén.

El tren a evacuar puede llegar en UTO o en modo de conducción manual. En UTO, el tren se detendrá en el punto normal de parada y las puertas del tren y de andén se abrirán. En modo de conducción manual (modo degradado), el conductor deberá parar el tren en frente de las puertas de andén para luego abrir las puertas del tren.

Una vez el tren detenido, las funcionalidades de regulación deben activarse automáticamente. Durante la evacuación, mensajes de audios y visuales son difundidos en el tren y un mensaje de “tren sin servicio de pasajeros” es difundido en el andén correspondiente.

Una vez concluida la evacuación, el personal presente en la estación deberá comprobar que el tren este vacío. Una orden de cierre de puertas del tren es comandada desde el PCC o desde el tren mismo si está conducido en manual. Una orden de cierre de puertas de andén es enviada desde el PCC o a través el puesto de comando local en caso de que se trate de un tren conducido manualmente. El operador del PCC deberá cambiar la misión del tren por una misión sin pasajeros para que luego el tren libere el andén en UTO o en modo manual.

#### Evacuación dirigida de un tren en interestación

Si un tren con pasajeros ubicado en el viaducto no puede desplazarse, se deberá organizar una evacuación. Esta es gestionada por el personal de operación presente en el viaducto y bajo la autoridad del jefe de PCC.

En la estación, el personal debe pedir al PCC el acceso a la vía por la puerta de fin de andén más cercana al tren a evacuar. La autorización de movimiento debe ser suprimida y bloqueada informáticamente en la interestación afectada.

Las funcionalidades de regulación (especialmente la de anti-amontonamiento) se activan automáticamente para prevenir la detención no necesaria de trenes en interestación.

Un operador del PCC difundirá con frecuencia un mensaje para informar a los pasajeros la inminente llegada de personal para asistirlos. Al mismo tiempo, el interior del tren será supervisado por el CCTV (circuito cerrado de televisión) y el sistema de escucha. Esto permite tranquilizar a los pasajeros e impedir una evacuación espontánea.

El alumbrado en el viaducto deberá encenderse y se deberá indicar claramente la estación más cercana.

El personal del Metro de Bogotá debe acceder al tren por la primera puerta del tren. El personal abrirá las puertas e indicará a los pasajeros la dirección de la evacuación.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Los pasajeros deberán caminar hasta la estación más cercana siguiendo la señalética de seguridad donde serán recibidos por personal operativo para orientarles. Finalmente, el personal del Metro de Bogotá verificará que el tren se encuentre vacío.

#### Evacuación espontánea de un tren en interestación

En caso de evacuación espontánea de un tren en la interestación, la zona en la que se encuentra el mismo deberá ponerse en seguridad al momento en que se detecte una puerta abierta. Todos los trenes presentes en esta zona deberán detenerse inmediatamente y se prohibirá el movimiento de trenes hacia el área afectada.

El alumbrado del viaducto debe ser encendido desde el PCC. Se deberá comunicar el sentido de evacuación en el tren y mediante indicadores luminosos en el viaducto. Los pasajeros deberán caminar hasta la estación más cercana indicada siguiendo la señalética de seguridad. La evacuación será supervisada por el PCC a través del CCTV dentro del tren y con la cámara frontal en el viaducto.

Al mismo tiempo, el personal del Metro de Bogotá presente en las estaciones cercanas deberá pedir acceso a la vía para asistir la evacuación espontánea de la mejor manera posible.

Cuando la evacuación concluya, el personal operativo deberá verificar la ausencia de pasajeros en la interestación y cerrar las puertas del tren que se encuentren abiertas. De esta manera, el PCC podrá retirar el “estado” de seguridad de la zona y reestablecer la operación normal.

#### Evacuación de una estación

Si una estación debe ser evacuada, el proceso deberá ser coordinado por el personal de la estación y del PCC. El operador del PCC deberá indicar el “salto de estación” en la misión o establecer un servicio provisorio.

Además, los pasajeros dentro del tren deberán ser informados mediante mensajes de audio y visuales y en el resto de las estaciones para comunicar el cierre de la estación afectada.

En la estación a evacuar, se deberá emitir un mensaje pregrabado informando a los pasajeros de la situación. Asimismo, el personal de la estación organizará el flujo de pasajeros a través de las vías de evacuación. Para ello, las barreras de control deberán encontrarse abiertas (automáticamente en caso de fuego) y el acceso a la estación estará impedido.

Finalmente, el personal de estación deberá verificar que la estación se encuentre vacía previo al cierre de las puertas de acceso de la estación.

#### 4.5.2.2. Pérdida de energía de tracción

##### **Debido a una falla o accionamiento de un interruptor**

En caso de pérdida de corriente de tracción debido a una falla del sistema de distribución de energía o de la activación de un interruptor de emergencia en la vía, el sistema responderá de la siguiente manera:

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

- Se visualizará el corte de energía en la pantalla ATS;
- Se activará la detención automática en las estaciones de la zona afectada y en las estaciones adyacentes, pero únicamente en la dirección de la zona afectada;
- Se enviará una orden de inhibición de frenado regenerativo a los trenes en la zona afectada;
- Se mantienen en movimiento “a la vela” los trenes que se encuentran en la zona afectada,
- Si un tren está parado antes de la zona afectada en el momento del corte, este tren se mantiene detenido,
- Se mantienen detenidos y con las puertas abiertas los trenes ya detenidos en las estaciones.

#### **Debido a la activación de un interruptor de Emergencia por parte del PCC**

En caso de pérdida de energía por petición de un operador del PCC en situación de emergencia, el sistema responderá de la siguiente manera:

- Se detienen en situación de emergencia todos los trenes en movimiento;
- Se activa una detención automática en todas las estaciones;
- Se mantienen detenidos con puertas abiertas los trenes ya presentes en las estaciones.

Si el operador del PCC activa el botón de emergencia para los talleres, todos los trenes que se encuentren en movimiento en esta zona se detendrán en situación de emergencia.

#### **4.5.2.3. Detección de humo o incendio**

Las consecuencias de la detección del humo dependerán de la ubicación de la fuente de perturbación y/o de la situación en la que se encuentre el tren.

#### **Tren en movimiento o en estación**

Si se detecta un incendio o humo en un tren en movimiento o detenido en una estación, se debe aplicar el siguiente procedimiento:

- Si el tren con alarma de incendio se encuentra en movimiento en interestación, este avanzará hasta la próxima estación, se detendrá en su punto normal de parada y abrirá las puertas. De no ser posible, este deberá ser evacuado espontáneamente.
- Si el tren se encuentra en estación, este quedará retenido en ella.
- Se enviarán mensajes de evacuación a los pasajeros en el tren desde el PCC luego de la confirmación del responsable de estación;
- El tren que se encuentra detrás deberá ser retenido automáticamente mediante un freno de emergencia. Los trenes que circulan hacia la zona de incendio deberán detenerse antes de ingresar en la misma.
- Los trenes que se encuentran en zona de incendio, pero sobre la vía opuesta, seguirán sus movimientos hasta la próxima estación para iniciar la evacuación.

### **Tren detenido en interestación**

Si el tren con alarma incendio está detenido en la interestación por regulación, el tren continuará su marcha hasta la próxima estación y el sistema CBTC reaccionará tal como se ha descrito anteriormente.

Si el tren con alarma de incendio está detenido en la interestación por falla, se deberá realizar el siguiente procedimiento:

- Activación automática de detención de los trenes ubicados en las estaciones adyacentes a la interestación donde se encuentra detenido el tren con alarma incendio;
- Se difundirán mensajes de evacuación de los pasajeros en el tren desde el PCC;
- El tren en la interestación de la vía opuesta sigue su marcha normal.

### **En estación**

Cuando se detecte un incendio en una estación, se aplicará el siguiente procedimiento:

- Activación del “salto” en la misión de la estación afectada con aviso a los pasajeros a bordo de los trenes;
- Si un tren se encontrara detenido en la estación, este deberá abandonarla lo más rápido posible;
- Se difundirán mensajes de evacuación a los pasajeros presentes en la estación afectada desde el PCC;
- Es responsabilidad del operador detener los otros trenes en las estaciones adyacentes.

#### **4.5.2.4. Detección de obstáculos en la vía**

En caso de detección de un obstáculo (información proporcionada por el material rodante al CBTC), el sistema CBTC deberá enviar la información necesaria al operador del PCC y activar la cámara frontal. El operador podrá utilizar la cámara para identificar la causa por la cual se ha activado la alarma de detección de obstáculos.

#### **4.5.2.5. Personal en las vías para mantenimiento**

Cuando el personal de mantenimiento necesite intervenir en las vías durante la operación comercial, es fundamental garantizar su seguridad. Por esta razón, se requiere un procedimiento riguroso desde el PCC.

Una zona de trabajo protegida deberá ser creada por el PCC mediante el ATS con visualización en el TCO. En la zona de protección, se podrá asignar una limitación de velocidad o una prohibición de circulación en toda la zona.

#### **4.5.2.6. Parada de un tren en estación fuera de su punto de parada**

En algunas ocasiones poco frecuentes, el sistema detiene el tren fuera del intervalo de tolerancia de parada normal en el andén. Pueden presentarse dos casos:

- Parada corta: el tren se detiene antes del intervalo de tolerancia de parada normal. El tren intenta dirigirse hasta el punto de parada sin incidencia sobre los pasajeros;
- Parada larga: el tren se detiene luego del intervalo de tolerancia de parada normal. En este caso, se envía una alarma al PCC y el tren continúa hasta la próxima estación. Esta situación presenta una fuerte incidencia en los pasajeros a bordo del tren que pretendían bajar en esa estación. Sin embargo, se considera que hacer circular un tren marcha atrás implica un impacto aún mayor.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

#### 4.5.2.7. Inundaciones y lluvias

Para hacer frente del riesgo importante de las inundaciones debidas a las fuertes lluvias en la ciudad de Bogotá, se podrán instalar detectores de agua al nivel de la pista de rodamiento, que enviarán una alarma al PCC y que decidirá si debe activar una marcha especial debido a la lluvia.

Además, los trenes contarán con detector de falta de adherencia, que envía una alarma al PCC si esto se produce.

#### 4.5.2.8. Sismos

Cuando se produce un sismo, el PCC deberá detener todos los trenes posibles en las estaciones. Las reacciones siguientes son condicionadas por la magnitud del mismo:

- Sismo de baja magnitud: se podrá retomar la operación con los trenes en marcha de seguridad;
- Sismo de gran magnitud: se verificarán la seguridad de la ruta de evacuación y se evacuarán los pasajeros en las estaciones. Luego, se realizará una circulación manual a baja velocidad sin pasajeros en toda la línea para evaluar el estado de la vía. Esta verificación podrá realizarse con uno o varios trenes.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

## TABLA DE DATOS COMUNES

Atributo	Id Marcador	Valor
Año de puesta en servicio	APS	2028
Año último de servicio	AUS	2052
Capacidad de un tren	Ctren	1.800
Longitud de la extensión de PLMBX (infraestructura completa)	LXKm	3,4 km
Headway	Hwy	100 segundos
Headway APS	Hwy_APS	105 s
Headway 2047	Hwy_2047	125 s
Carga máxima del APS	QMx_APS	52.434 pasajeros por hora y sentido
Tiempo de vuelta redonda	TVR	58min36s
Nombre de la estación 17	NE17	N°17
Nombre de la estación 18	NE18	N°18
Nombre de la estación 19	NE19	N°19
Nombre de la estación 01	NE01	N°01-Carrera 96
Nombre de la estación 02	NE02	N°02- Portal de las Américas
Nombre de la estación 02	NE03	N°03- Carrera 80
Nombre de la estación 06	NE06	N°06-Avenida Boyacá
Nombre de la estación 09	NE09	N°09-NQS
Nombre de la estación 13	NE13	N°13-Calle 26
Nombre de la estación 16	NE16	N°16-Calle 72
Nombre Nudo 92	N92	nodo de calle 92 & avenida NQS & Autonorte
Cota de Riel de estación 17	CRE17	17,1 m
Cota de Riel de estación 18	CRE18	27,5 m
Cota de Riel de estación 19	CRE19	18,8 m

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

## 1. APÉNDICES

### 1.1. Disposición de las puertas

El diagrama de puertas utilizado en este estudio contempla 4 puertas por coche, con ancho de puerta de aproximadamente 160 metros, con el fin de permitir el pasaje de dos personas simultáneamente. Los coches utilizados poseen una longitud aproximada de 20 metros.

Se considera que pueden circular 40 personas por minuto y por fila de puerta, o sea 80 personas por minuto y por puerta. El tiempo técnico de apertura y cierre de puerta es de 5 segundos.



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

## 1.2. Demanda de usuarios

*Ilustración 23: Número de usuarios de la PLMBX durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2032*

Sud -> Nord					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	5 827	-	5 827	5 827
2	Nº02-P. Américas	19 902	414	20 316	25 315
3	Nº03-Carrera 80	5 780	0	5 780	31 095
4	Nº04-Calle 42	7 380	10	7 389	38 465
5	Nº05-Kennedy	4 516	18	4 534	42 964
6	Nº06-Av. Boyacá	5 668	136	5 804	48 496
7	Nº07-Av. 68	8 715	3 270	11 985	53 941
8	Nº08-Carrera 50	1 290	213	1 502	55 018
9	Nº09-Av. NQS	4 791	3 080	7 871	56 729
10	Nº10-Nariño	2 383	520	2 903	58 592
11	Nº11-Calle 1	8 249	1 871	10 120	64 971
12	Nº12-Calle 10	4 397	6 486	10 883	62 881
13	Nº13-Calle 26	451	2 291	2 741	61 041
14	Nº14-Calle 45	522	8 539	9 060	53 024
15	Nº15-Calle 63	218	9 184	9 402	44 058
16	Nº16-Calle 72	6 263	18 961	25 223	31 360
17	Nº17-Los Héroes	1	13 499	13 500	17 863
18	Nº18-Calle 92	1	13 231	13 232	4 634
19	Nº19-Calle 100	-	4 634	4 634	0
Nord -> Sud					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	-	873	873	0
2	Nº02-P. Américas	59	2 611	2 670	873
3	Nº03-Carrera 80	26	180	206	3 424
4	Nº04-Calle 42	127	972	1 100	3 578
5	Nº05-Kennedy	142	381	523	4 423
6	Nº06-Av. Boyacá	94	1 123	1 217	4 663
7	Nº07-Av. 68	100	1 312	1 412	5 692
8	Nº08-Carrera 50	420	711	1 131	6 904
9	Nº09-Av. NQS	461	1 203	1 664	7 196
10	Nº10-Nariño	257	1 712	1 968	7 937
11	Nº11-Calle 1	1 253	1 542	2 794	9 392
12	Nº12-Calle 10	244	3 423	3 668	9 681
13	Nº13-Calle 26	597	2 624	3 221	12 860
14	Nº14-Calle 45	736	907	1 643	14 887
15	Nº15-Calle 63	609	24	633	15 058
16	Nº16-Calle 72	11 676	181	11 857	14 473
17	Nº17-Los Héroes	1 287	26	1 312	2 977
18	Nº18-Calle 92	1 350	6	1 356	1 716
19	Nº19-Calle 100	372	-	372	372

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 24: Número de usuarios de la PLMBX durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2037

<b>Sud -&gt; Nord</b>					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	6 092	-	6 092	6 092
2	Nº02-P. Américas	20 403	428	20 831	26 066
3	Nº03-Carrera 80	5 672	0	5 672	31 738
4	Nº04-Calle 42	7 507	9	7 516	39 236
5	Nº05-Kennedy	4 703	18	4 721	43 921
6	Nº06-Av. Boyacá	5 601	130	5 731	49 392
7	Nº07-Av. 68	9 122	3 402	12 524	55 112
8	Nº08-Carrera 50	1 340	309	1 649	56 143
9	Nº09-Av. NQS	5 053	3 276	8 329	57 921
10	Nº10-Nariño	2 511	569	3 080	59 863
11	Nº11-Calle 1	8 499	2 043	10 542	66 319
12	Nº12-Calle 10	4 581	6 667	11 248	64 234
13	Nº13-Calle 26	470	2 443	2 913	62 261
14	Nº14-Calle 45	529	8 885	9 414	53 905
15	Nº15-Calle 63	226	9 307	9 533	44 824
16	Nº16-Calle 72	6 299	19 387	25 686	31 735
17	Nº17-Los Héroes	1	13 696	13 697	18 041
18	Nº18-Calle 92	2	13 387	13 388	4 656
19	Nº19-Calle 100	-	4 656	4 656	0
<b>Nord -&gt; Sud</b>					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	-	945	945	0
2	Nº02-P. Américas	65	2 752	2 817	945
3	Nº03-Carrera 80	30	192	222	3 633
4	Nº04-Calle 42	151	1 026	1 178	3 795
5	Nº05-Kennedy	147	386	534	4 670
6	Nº06-Av. Boyacá	95	1 134	1 229	4 909
7	Nº07-Av. 68	122	1 362	1 483	5 947
8	Nº08-Carrera 50	439	735	1 174	7 187
9	Nº09-Av. NQS	478	1 044	1 522	7 483
10	Nº10-Nariño	341	1 605	1 946	8 048
11	Nº11-Calle 1	1 326	1 579	2 906	9 312
12	Nº12-Calle 10	248	3 676	3 924	9 565
13	Nº13-Calle 26	603	2 607	3 210	12 992
14	Nº14-Calle 45	750	918	1 668	14 996
15	Nº15-Calle 63	620	28	649	15 164
16	Nº16-Calle 72	11 718	193	11 911	14 571
17	Nº17-Los Héroes	1 311	30	1 342	3 047
18	Nº18-Calle 92	1 370	7	1 377	1 766
19	Nº19-Calle 100	403	-	403	403

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 25: Número de usuarios de la PLMBX durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2042

<b>Sud -&gt; Nord</b>					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	6 534	-	6 534	6 534
2	Nº02-P. Américas	21 133	438	21 571	27 229
3	Nº03-Carrera 80	5 856	0	5 856	33 085
4	Nº04-Calle 42	7 801	9	7 810	40 877
5	Nº05-Kennedy	4 774	20	4 794	45 630
6	Nº06-Av. Boyacá	5 733	134	5 868	51 229
7	Nº07-Av. 68	9 200	3 548	12 748	56 881
8	Nº08-Carrera 50	1 394	374	1 768	57 901
9	Nº09-Av. NQS	5 127	3 736	8 863	59 293
10	Nº10-Nariño	2 559	660	3 218	61 191
11	Nº11-Calle 1	8 550	2 223	10 773	67 518
12	Nº12-Calle 10	4 635	6 974	11 610	65 180
13	Nº13-Calle 26	487	2 595	3 082	63 071
14	Nº14-Calle 45	538	9 347	9 885	54 262
15	Nº15-Calle 63	233	9 565	9 799	44 930
16	Nº16-Calle 72	6 383	19 662	26 045	31 651
17	Nº17-Los Héroes	2	13 583	13 585	18 069
18	Nº18-Calle 92	2	13 394	13 396	4 677
19	Nº19-Calle 100	-	4 677	4 677	0
<b>Nord -&gt; Sud</b>					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	-	993	993	0
2	Nº02-P. Américas	72	2 899	2 971	993
3	Nº03-Carrera 80	33	194	227	3 820
4	Nº04-Calle 42	161	1 050	1 211	3 982
5	Nº05-Kennedy	153	399	552	4 871
6	Nº06-Av. Boyacá	182	1 150	1 333	5 117
7	Nº07-Av. 68	137	1 411	1 549	6 085
8	Nº08-Carrera 50	453	748	1 200	7 359
9	Nº09-Av. NQS	500	1 049	1 549	7 654
10	Nº10-Nariño	353	1 755	2 108	8 204
11	Nº11-Calle 1	1 364	1 589	2 953	9 606
12	Nº12-Calle 10	253	3 696	3 949	9 831
13	Nº13-Calle 26	610	2 617	3 228	13 274
14	Nº14-Calle 45	763	926	1 689	15 281
15	Nº15-Calle 63	632	30	661	15 444
16	Nº16-Calle 72	11 968	202	12 170	14 842
17	Nº17-Los Héroes	1 324	34	1 358	3 075
18	Nº18-Calle 92	1 378	9	1 386	1 786
19	Nº19-Calle 100	417	-	417	417

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 26: Número de usuarios de la PLMBX durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2047

<b>Sud -&gt; Nord</b>					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	3 204	-	3 204	3 204
2	Nº02-P. Américas	16 225	285	16 510	19 144
3	Nº03-Carrera 80	5 265	1	5 267	24 408
4	Nº04-Calle 42	6 432	6	6 438	30 835
5	Nº05-Kennedy	4 632	5	4 637	35 462
6	Nº06-Av. Boyacá	9 858	7 616	17 474	37 704
7	Nº07-Av. 68	7 990	2 377	10 367	43 317
8	Nº08-Carrera 50	1 154	400	1 555	44 071
9	Nº09-Av. NQS	3 711	2 353	6 064	45 429
10	Nº10-Nariño	1 529	416	1 946	46 542
11	Nº11-Calle 1	5 766	1 766	7 532	50 542
12	Nº12-Calle 10	2 945	5 661	8 607	47 826
13	Nº13-Calle 26	489	1 908	2 397	46 408
14	Nº14-Calle 45	482	7 586	8 068	39 304
15	Nº15-Calle 63	193	8 283	8 476	31 215
16	Nº16-Calle 72	6 257	12 818	19 075	24 654
17	Nº17-Los Héroes	2	10 537	10 538	14 119
18	Nº18-Calle 92	2	11 313	11 315	2 808
19	Nº19-Calle 100	-	2 808	2 808	0
<b>Nord -&gt; Sud</b>					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	-	1 067	1 067	0
2	Nº02-P. Américas	29	3 215	3 244	1 067
3	Nº03-Carrera 80	21	330	351	4 253
4	Nº04-Calle 42	103	836	939	4 562
5	Nº05-Kennedy	126	352	478	5 296
6	Nº06-Av. Boyacá	1 613	1 846	3 459	5 521
7	Nº07-Av. 68	593	1 091	1 684	5 754
8	Nº08-Carrera 50	557	709	1 266	6 252
9	Nº09-Av. NQS	479	758	1 237	6 404
10	Nº10-Nariño	330	1 373	1 703	6 683
11	Nº11-Calle 1	1 414	1 095	2 509	7 727
12	Nº12-Calle 10	191	3 281	3 472	7 407
13	Nº13-Calle 26	599	2 579	3 178	10 497
14	Nº14-Calle 45	748	853	1 600	12 477
15	Nº15-Calle 63	681	29	710	12 582
16	Nº16-Calle 72	9 468	205	9 673	11 929
17	Nº17-Los Héroes	956	30	987	2 667
18	Nº18-Calle 92	1 313	8	1 321	1 741
19	Nº19-Calle 100	436	-	436	436

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 27: Número de usuarios de la PLMBX durante la hora pico de la mañana en el sentido 1 y 2 para el año 2052

<b>Sud -&gt; Nord</b>					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	3 218	-	3 218	3 218
2	Nº02-P. Américas	16 283	285	16 568	19 217
3	Nº03-Carrera 80	5 251	1	5 252	24 466
4	Nº04-Calle 42	6 429	6	6 435	30 889
5	Nº05-Kennedy	4 709	5	4 713	35 593
6	Nº06-Av. Boyacá	9 665	7 654	17 319	37 604
7	Nº07-Av. 68	8 134	2 391	10 525	43 347
8	Nº08-Carrera 50	1 150	413	1 563	44 085
9	Nº09-Av. NQS	3 712	2 377	6 089	45 420
10	Nº10-Nariño	1 513	423	1 936	46 509
11	Nº11-Calle 1	5 750	1 794	7 544	50 464
12	Nº12-Calle 10	3 046	5 666	8 713	47 844
13	Nº13-Calle 26	490	2 004	2 495	46 330
14	Nº14-Calle 45	483	7 620	8 103	39 194
15	Nº15-Calle 63	193	8 287	8 481	31 100
16	Nº16-Calle 72	6 254	12 789	19 043	24 564
17	Nº17-Los Héroes	2	10 501	10 503	14 064
18	Nº18-Calle 92	2	11 276	11 278	2 791
19	Nº19-Calle 100	-	2 791	2 791	0
<b>Nord -&gt; Sud</b>					
n° de station	Nombre de la estación	Suben	Bajan	Suma	Sección
1	Nº01-Carrera 96	-	435	435	0
2	Nº02-P. Américas	8	1 319	1 326	435
3	Nº03-Carrera 80	31	956	986	1 746
4	Nº04-Calle 42	207	9 418	9 625	2 671
5	Nº05-Kennedy	29	681	710	11 883
6	Nº06-Av. Boyacá	839	749	1 588	12 535
7	Nº07-Av. 68	2 565	601	3 166	12 444
8	Nº08-Carrera 50	3 262	192	3 454	10 480
9	Nº09-Av. NQS	1 091	1 421	2 512	7 409
10	Nº10-Nariño	1 370	332	1 702	7 739
11	Nº11-Calle 1	756	503	1 259	6 700
12	Nº12-Calle 10	718	560	1 278	6 448
13	Nº13-Calle 26	1 091	599	1 690	6 290
14	Nº14-Calle 45	1 856	1 619	3 476	5 797
15	Nº15-Calle 63	352	128	480	5 560
16	Nº16-Calle 72	832	103	936	5 335
17	Nº17-Los Héroes	334	21	355	4 607
18	Nº18-Calle 92	3 243	29	3 272	4 294
19	Nº19-Calle 100	1 079	-	1 079	1 079

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

### 1.3. Lista de las tareas de una línea UTO

Parte de las tareas descritas a continuación son similares a las de una línea clásica, y otras son propias de una línea UTO (éstas últimas se indican con fondo verde). Man. = mantenimiento

Relación cliente	Man.	Dirección	Estación	PCC
<b>Comunicación</b>				
Respuesta a las llamadas en estación			x	x
Respuesta a las llamadas en el tren				x
Información al usuario en estación (sonorización, actualización de las pantallas)				x
Información al usuario en el tren (sonorización, actualización de las pantallas)				x
Acogida e información de los pasajeros en la estación			x	
<b>Gestión de los flujos de pasajeros</b>				
Canalización e información de los pasajeros en estación (flujo anormalmente importante, incidente, etc.)			x	x
Organización de la evacuación (sonorización, presencia en el terreno (estación y tren))			x	x
Comunicación con las líneas de Transmilenio en situación degradada (PCC, estaciones, etc.)			x	x
Acompañamiento de las personas a movilidad reducida			x	
<b>Comercial</b>				
Servicio posventa en estación			x	
Venta			x	
Control de los billetes			x	
Presencia en las líneas de control (disuasión y asistencia)			x	
Contabilidad, gestión de las existencias (dinero en las máquinas de ventas de pasajes, etc.)			x	
Gestión de los objetos perdidos			x	
<b>Seguridad pública</b>				
Intervención de los equipos especializados in situ			x	
Prevención - presencia in situ - evitar " indeseables"			x	
Prevención - vigilancia por cámara del terreno (estaciones, trenes)			x	x

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Relación cliente	Man.	Dirección	Estación	PCC
Vigilancia de los flujos de pasajeros para adaptar la oferta de transporte				x
Gestión de los micrófonos a bordo de los trenes				x
Práctica de primeros auxilios, transporte de las personas en los Calle 1, etc.			x	
Apertura / cierre estación			x	x

Movimiento de los trenes	Man.	Dirección	Estación	PCC
<b>Gestión remota</b>				
Gestión de los trenes en las cocheras (inicialización, garaje, inyección, retirada, lavado)				x
Gestión de los trenes en la vía principal (supervisión, regulación, inyección, servicios provisorios)				x
Gestión de la interfaz con el mantenimiento del Material Rodante (intercambio, prueba, prioridad de circulación, procedimientos en la zona de transferencia, etc.)				x
Gestión de los accesos a la vía (zonas protegidas)				x
Vigilancia y gestión de las alarmas sistemas				x
Gestión de la interfaz con el mantenimiento de los sistemas (fuera del MR). Despacho, seguimiento y organización de las intervenciones, reanudación de la operación				x
Gestión de la circulación de los trenes especiales (trenes de obras, tren para mantenimiento, etc.)				x
Gestión de los incidentes				x
Vigilancia vídeo del movimiento de los trenes (Aparato de vía, detrás estación, maniobra de inversión)				x
Seguimiento explotación (informes, análisis de las pérdidas de producción, de los incidentes)				x
<b>Gestión in situ</b>				
Verificar el buen funcionamiento de las instalaciones transporte (PDA, Señalización local, etc.)			x	x
Verificación del buen funcionamiento al cotidiano del tren (mantenimiento de nivel " 1")			x	
Verificación de la limpieza de los trenes			x	

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Manipulación de los equipamientos transporte in situ (Aparatos de Vías, aparatos de tracción, herramientas de señalización deteriorada, etc.)	x			
Intervención en las puertas de andén			x	
Conducción del tren en modo manual entre la zona automática y en el taller	x			
Conducción del tren en modo manual en la zona automática			x	
Reparación del tren en la vía principal	x		x	

Gestión de las infraestructuras, de los sistemas y de los trenes	Man.	Dirección	Estación	PCC
<b>Gestión de la energía eléctrica</b>				
Gestión de la energía eléctrica (distribución, relación con el proveedor en caso de modo degradado)				x
<b>Gestión de la energía tracción</b>				x
Gestión del suministro de la energía eléctrica en las instalaciones				x
<b>Gestión de la seguridad incendio</b>				
Supervisión de los equipos contra incendio			x	x
Mando de los equipos contra incendio			x	
<b>Instalaciones fijas en estación</b>				
Intervención de mantenimiento nivel " 1" (equipos requerimientos cliente: inspección de la estación)			x	
Verificación del buen funcionamiento de las instalaciones en estación (pruebas, etc.)			x	
Verificación de la limpieza de las estaciones			x	
Intervención de mantenimiento nivel "2-3-4"	x			
Vigilancia de los equipos estación (gestión de las alarmas técnicas: escaleras mecánicas, ascensores, cámaras, iluminación, equipos contra incendio, equipos de venta de pasajes, rejas de acceso, etc.)			x	x
Interfaz de operación y mantenimiento de los equipos en estación (escaleras mecánicas, ascensores, cámaras, etc.)			x	x
Gestión de los accesos a los locales técnicos y de operación			x	
<b>Sistemas transporte</b>				
Mantenimiento nivel 2-3-4	x			
<b>Material rodante</b>				



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Gestión de las infraestructuras, de los sistemas y de los trenes	Man.	Dirección	Estación	PCC
Verificación de la limpieza del tren			x	
Organización de la limpieza de los trenes (paso a lavado, participación del prestador de servicios, posicionamiento del parque sobre zona de lavado, etc.)				x
Intervención de mantenimiento del material rodante nivel" 2-3-4"				x




Gestión/coordinación del personal	Man.	Dirección	Estación	PCC
<b>Gestión de los equipos</b>				
Organización de la actividad transporte				x
Organización de la actividad estación (briefing, debriefing, etc.)			x	
Organización de la actividad del mantenimiento MR	x			
Organización de la actividad del mantenimiento de las instalaciones fijas	x			
Organización de la actividad del mantenimiento de los sistemas	x			
<b>Responsable in situ</b>				
Gestión del personal de operación			x	x
Gestión de personal de vigilancia			x	
Gestión de los prestadores de servicios (limpieza, seguridad, etc.)				x
Gestión de los equipos de mantenimiento in situ	x			
<b>Coordinación de las intervenciones in situ (puestos centralizados)</b>				
Seguridad pública - organización de las intervenciones in situ			x	x
Gestión de los equipos de explotación in situ (coordinación, localización)				x
Coordinación de las estaciones en caso de incidentes in situ			x	
Coordinación del transporte en caso de incidentes in situ				x
<b>Capacitación inicial y actualización de los conocimientos</b>	<b>Man.</b>	<b>Dirección</b>	<b>Estación</b>	<b>PCC</b>
Capacitación de conducción			x	
Capacitación de reparación del tren (puertas, etc.)	x		x	
Capacitación de gestión de incendio			x	x

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Gestión/coordinación del personal	Man.	Dirección	Estación	PCC
Capacitación de las puertas de andén			x	
Capacitación relación cliente			x	x
Capacitación equipo transporte in situ				x
Capacitación PCC				x
Capacitación de mantenimiento	x			
Funciones de apoyo	Man.	Dirección	Estación	PCC
Apoyo administrativo y planificación personal de los agentes		x		x
Realización de los estudios y proyectos técnicos		x		x
Gestión de los subcontratistas internos/externos		x		
Prevención y protección		x		
Recursos humanos		x		
Control de gestión		x		
Comunicación interna y externa		x		

#### 1.4. Ubicación de los incidentes y consecuencias sobre la operación

	Estaciones
	Zona impactada por el incidente
	Recorrido de los trenes en modo degradado

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 28: Incidente en Carrera 96

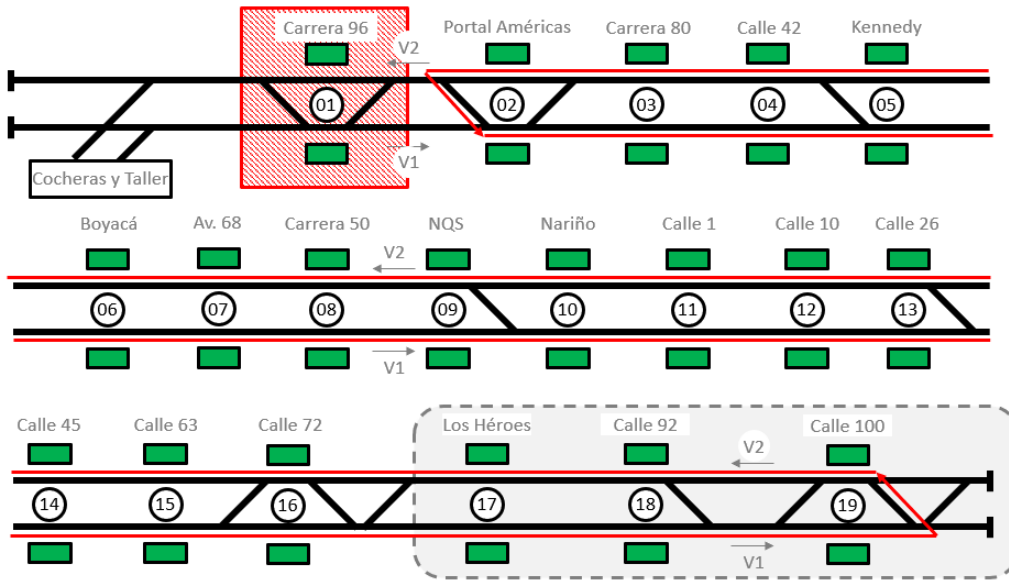
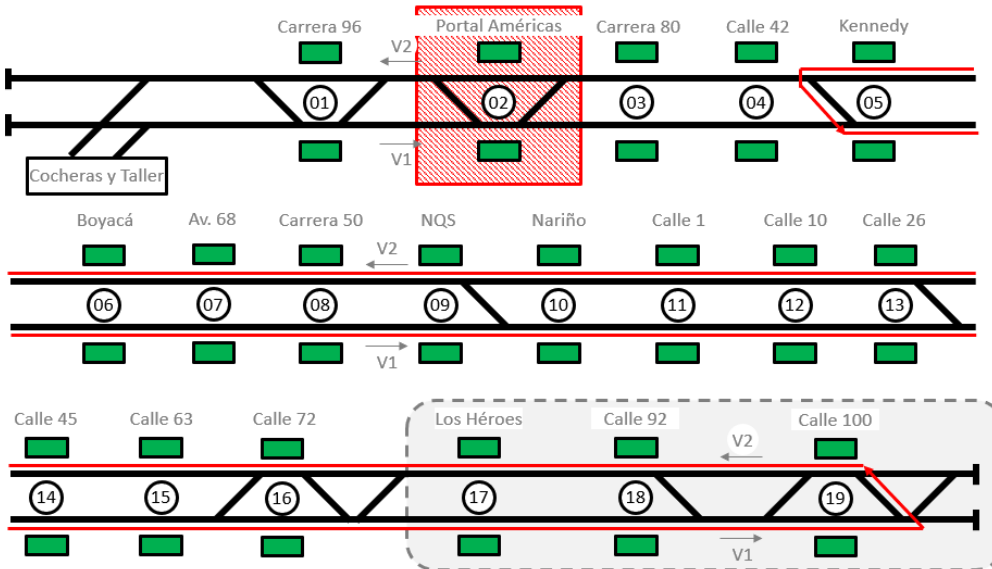


Ilustración 29: Incidente en Portal Américas



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 30: Incidente entre Carrera 80 y Calle 42

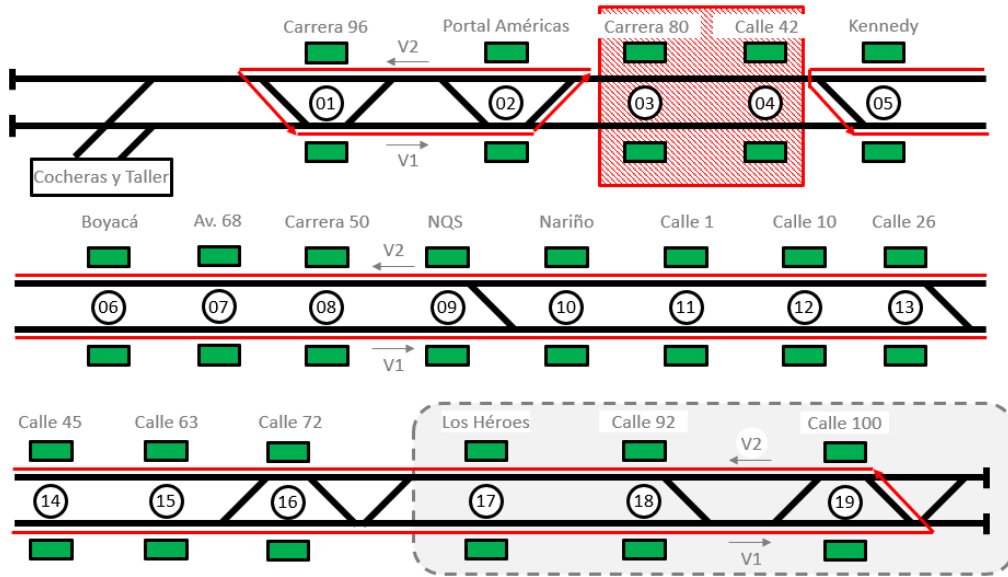
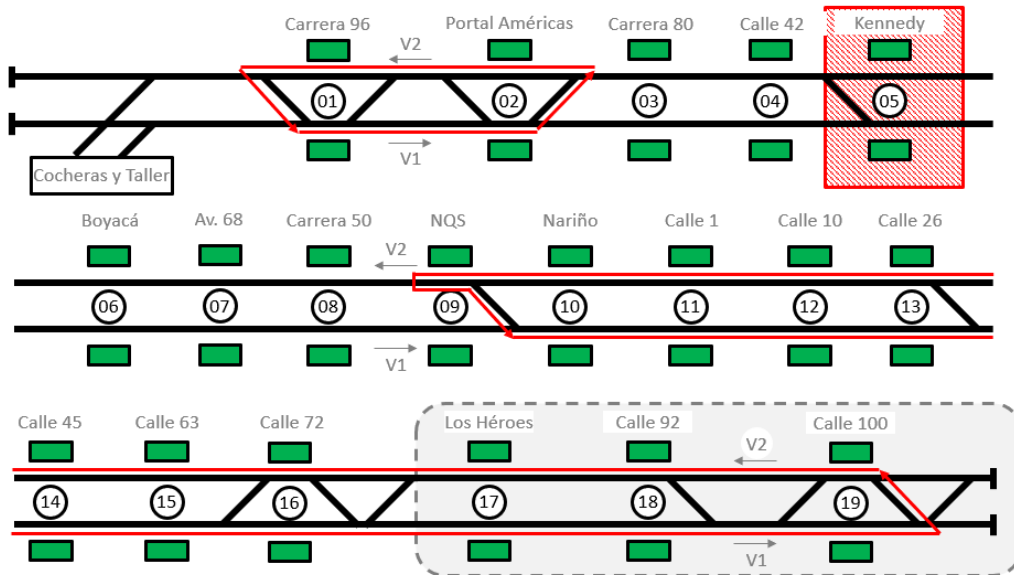


Ilustración 31: Incidente en Kennedy



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 32: Incidente entre Boyacá y Carrera 50

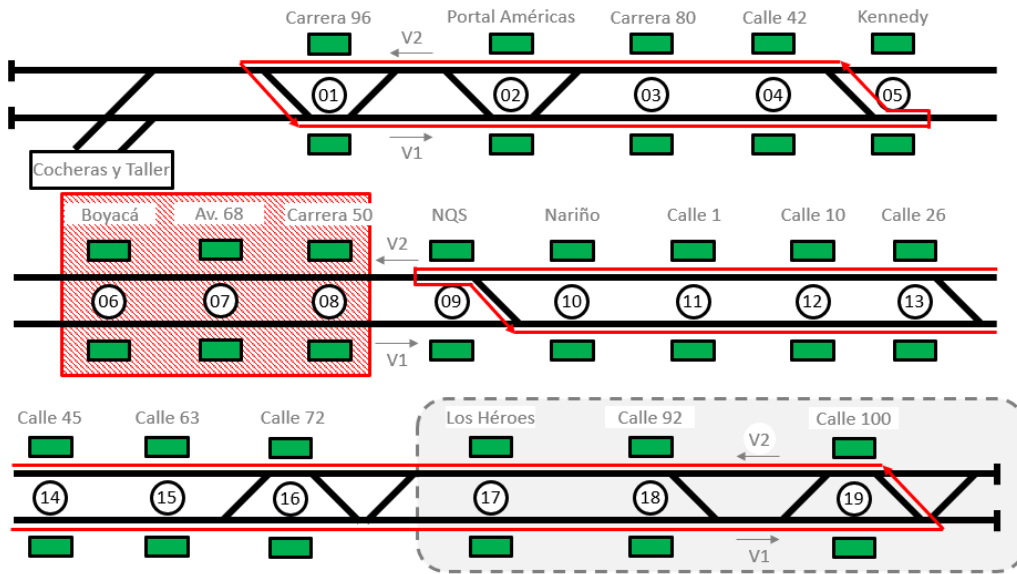
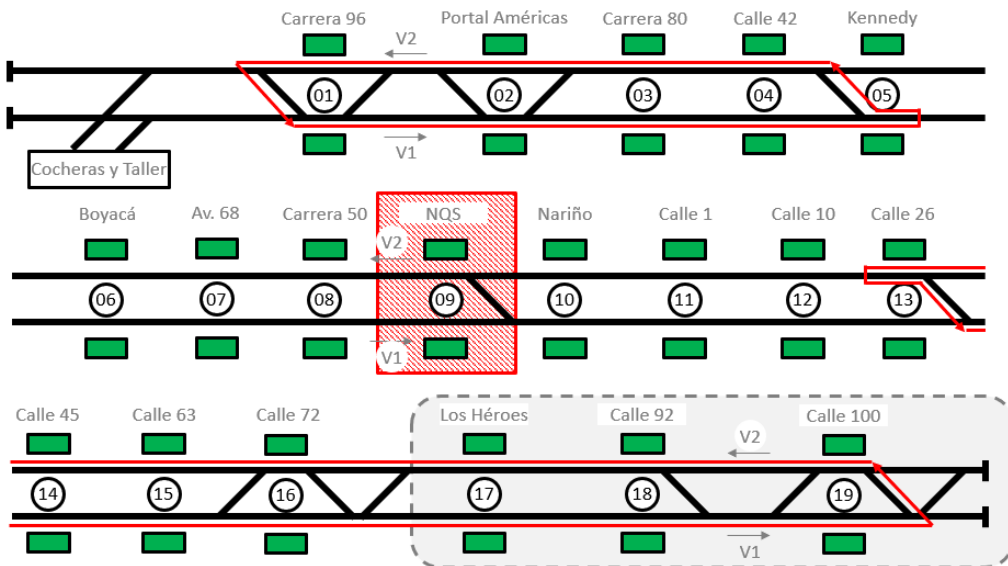


Ilustración 33: Incidente en NQS



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 34: Incidente entre Nariño y Calle 10

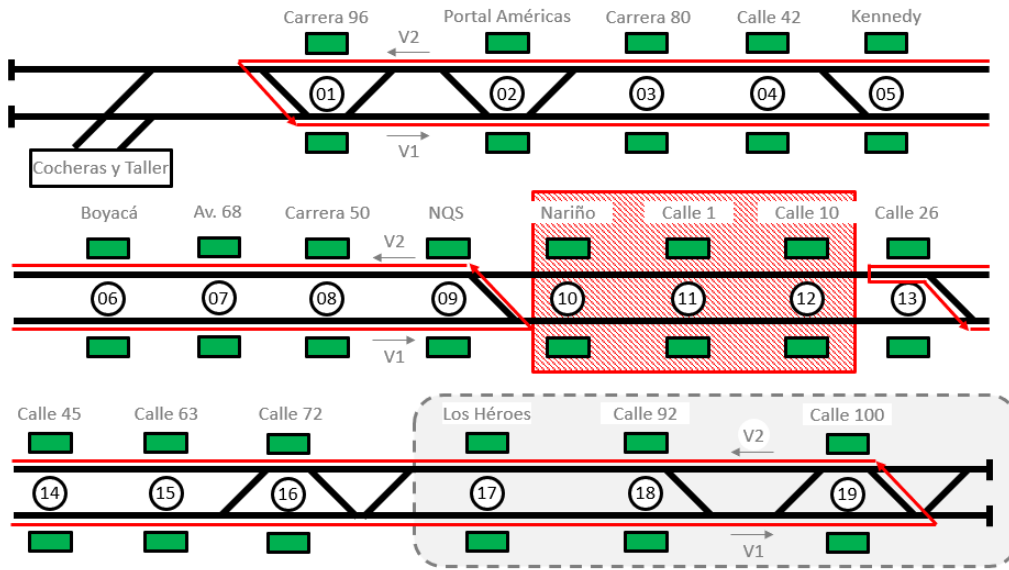
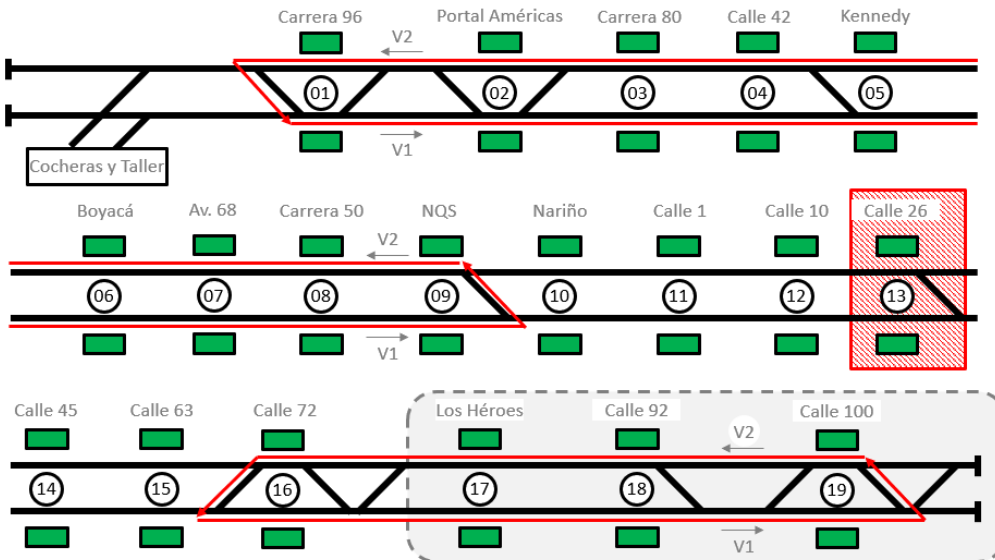


Ilustración 35: Incidente en Calle 26



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 36: Incidente entre Calle 45 y Calle 63

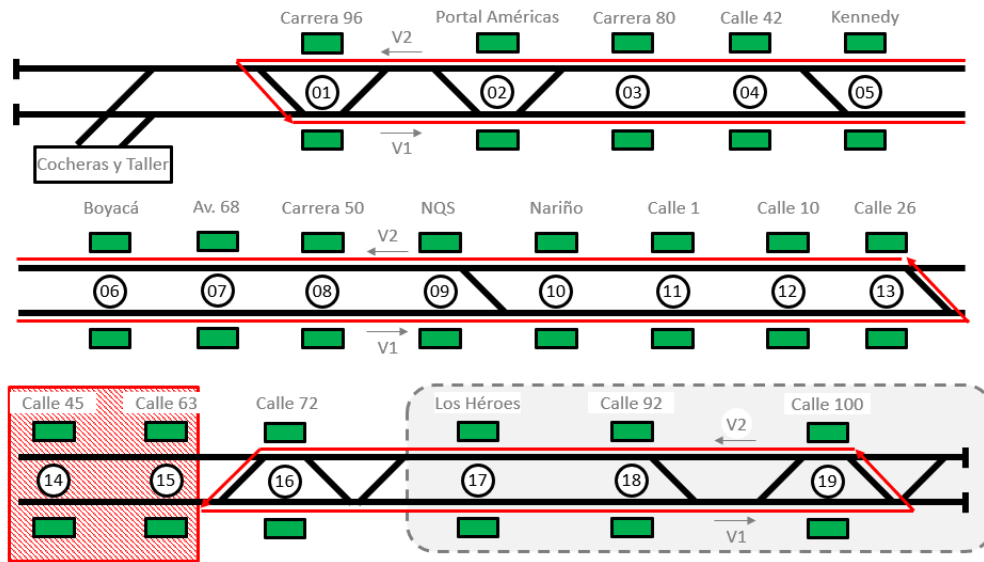
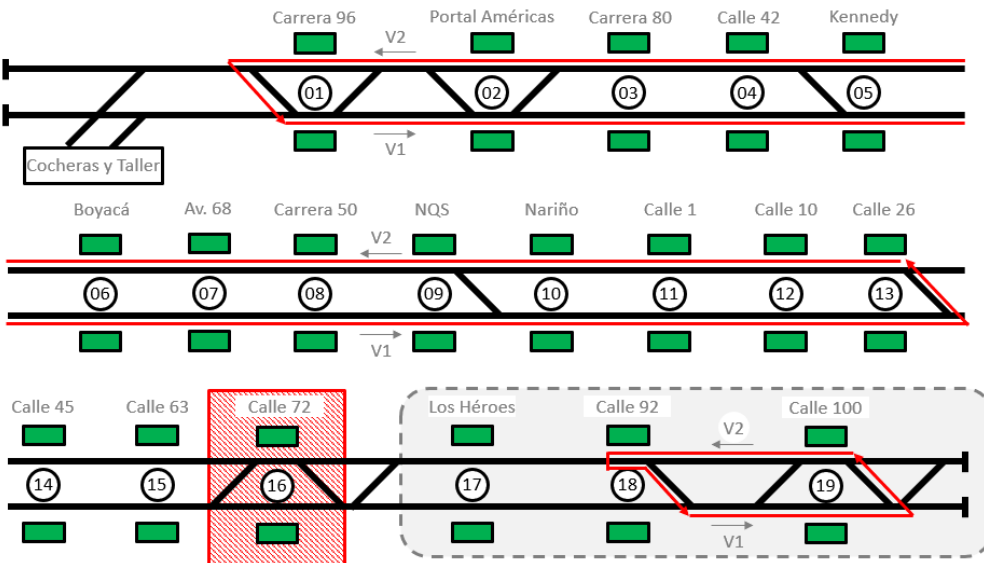


Ilustración 37: Incidente en Calle 72



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Ilustración 38: Incidente en la estación N17

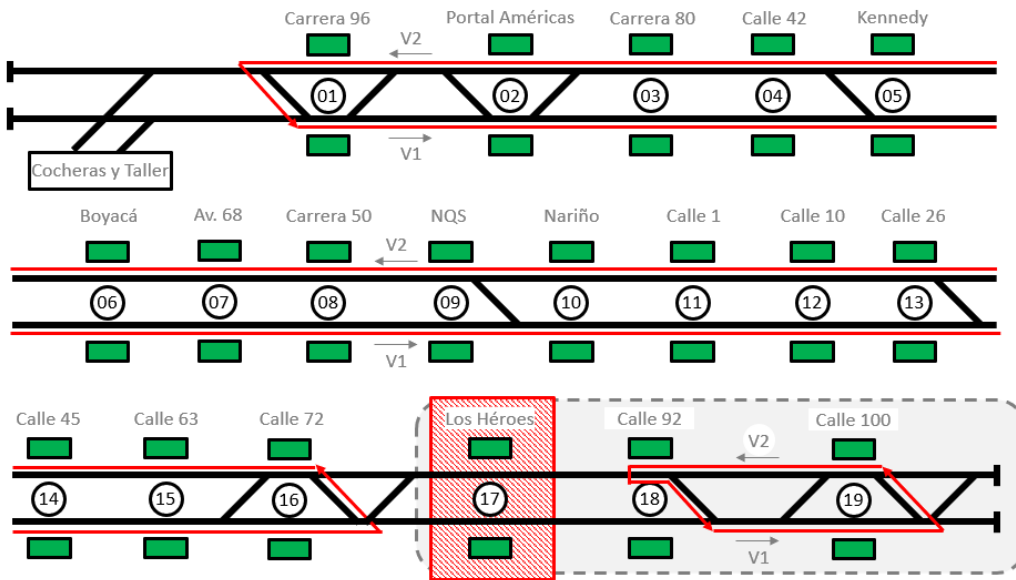
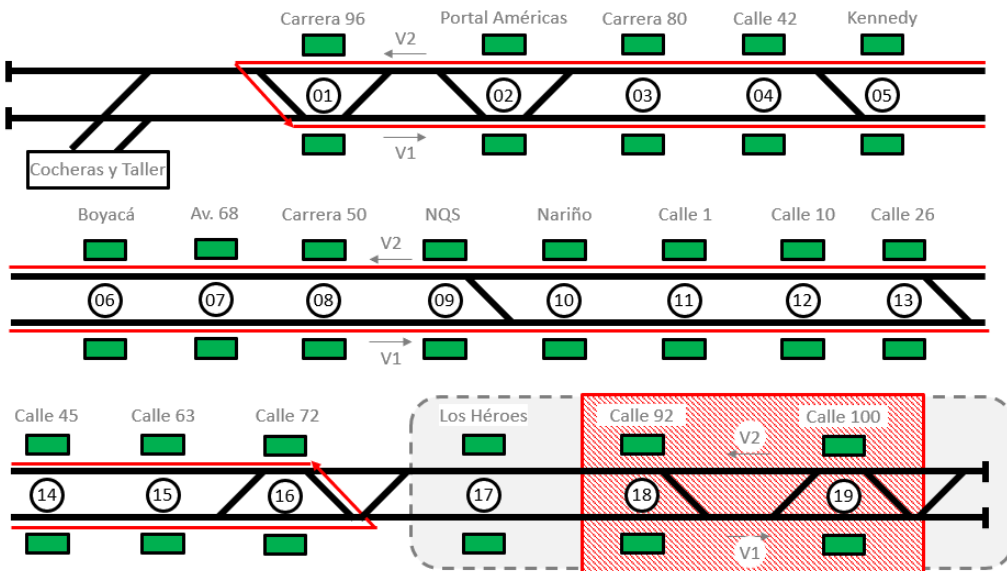


Ilustración 39: Incidente entre la estación N18 y N19





### 1.5. Perfiles de velocidad

A continuación, se presentan los perfiles de velocidad, obtenidos mediante las simulaciones RailSys, para cada sentido y tramo de la línea. Para una mejor comprensión, se indica el código de colores utilizado:

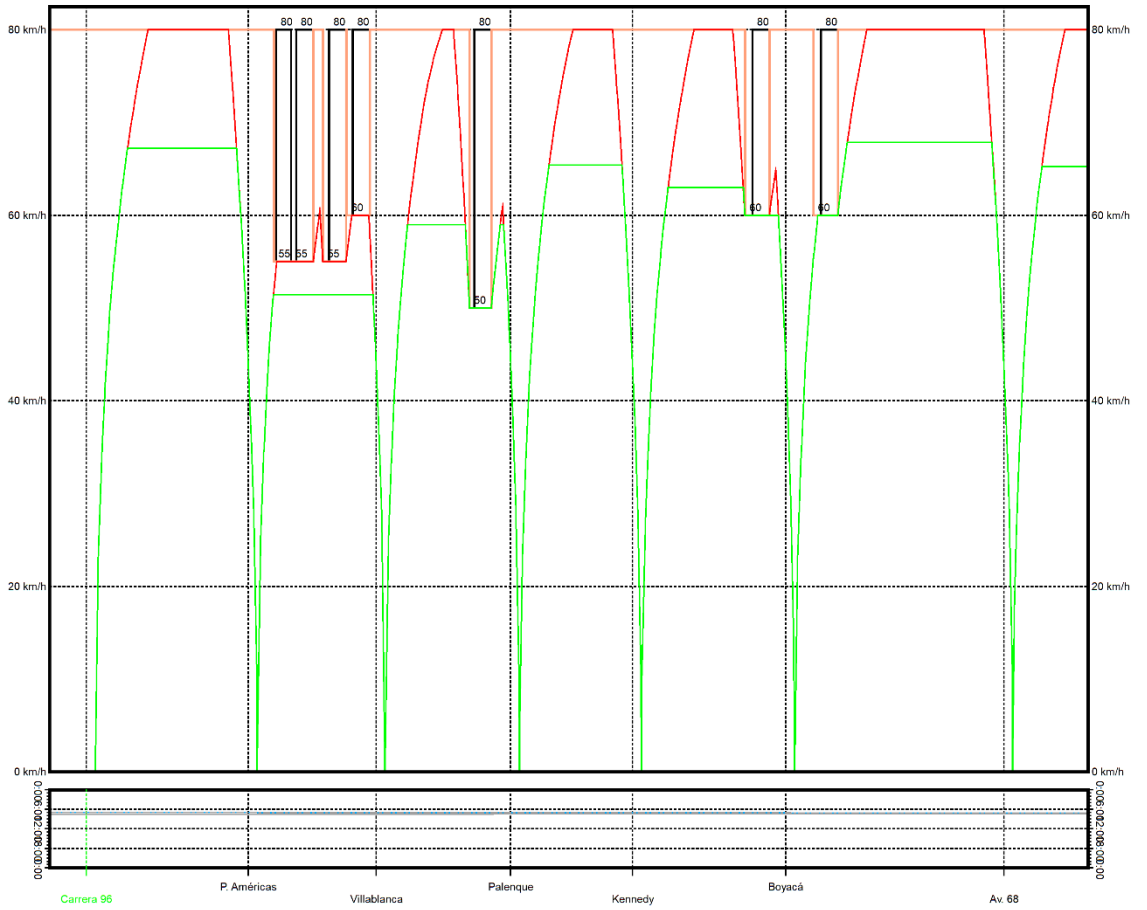
- Verde: velocidad prevista para realizar los tiempos de recorrido programados y que incluye una reserva de tiempo de 5 s/km;
- Rojo: máxima velocidad que podría alcanzar el metro y que se corresponde con el tiempo de recorrido mínimo, es decir, sin reserva de tiempo.
- Negro: máxima velocidad permitida por el trazado de la línea;
- Naranja: máxima velocidad permitida por el desempeño del tren.

De esta manera, la línea negra y naranja coinciden cuando se inicia la restricción de velocidad, pero difieren en una distancia igual a la longitud del tren una vez terminada la limitación. Es decir, el material rodante no comenzará a acelerar hasta que todo el tren haya pasado la limitación de velocidad.

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

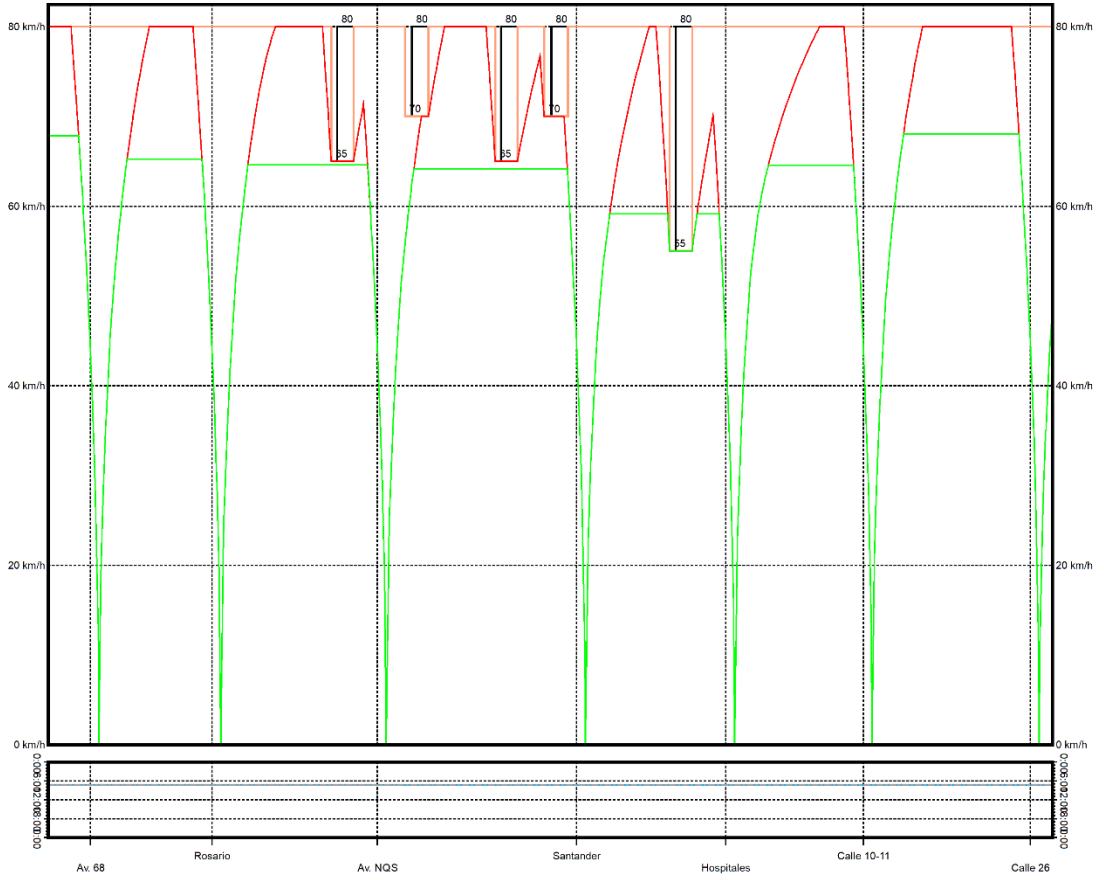
ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Vía 1: N°01-Carrera 96 - N°19



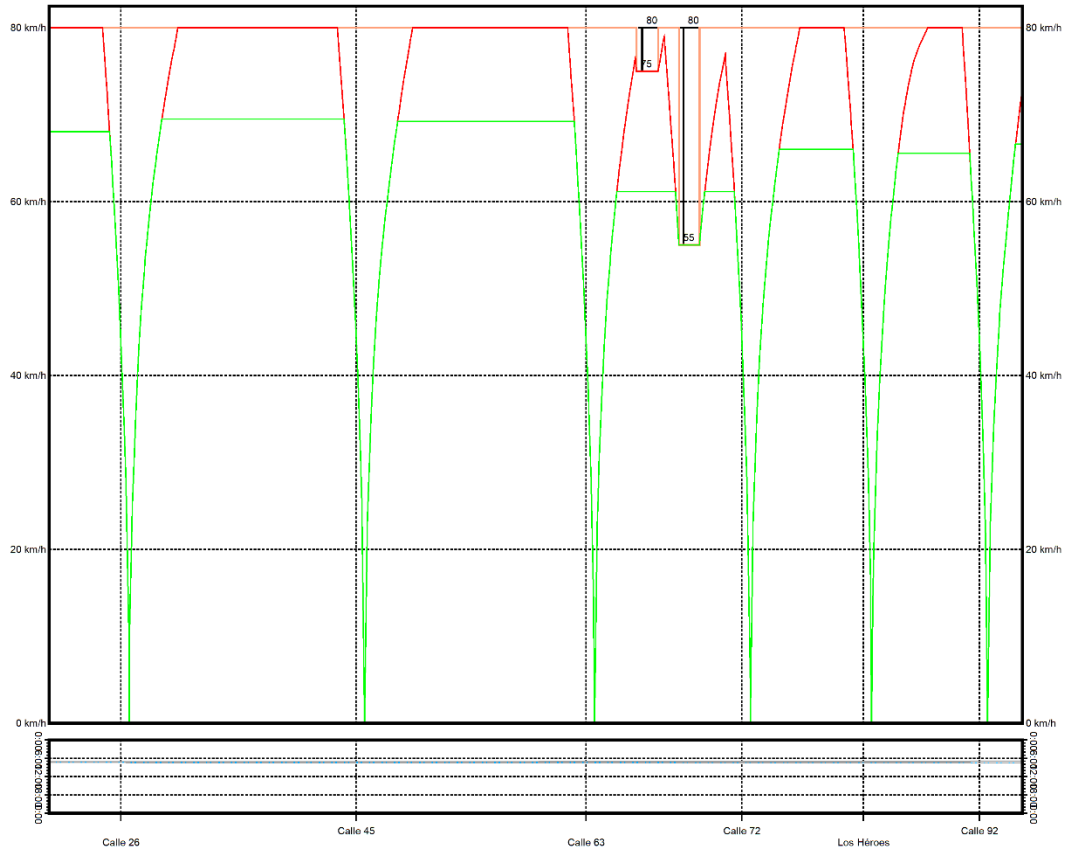
REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2



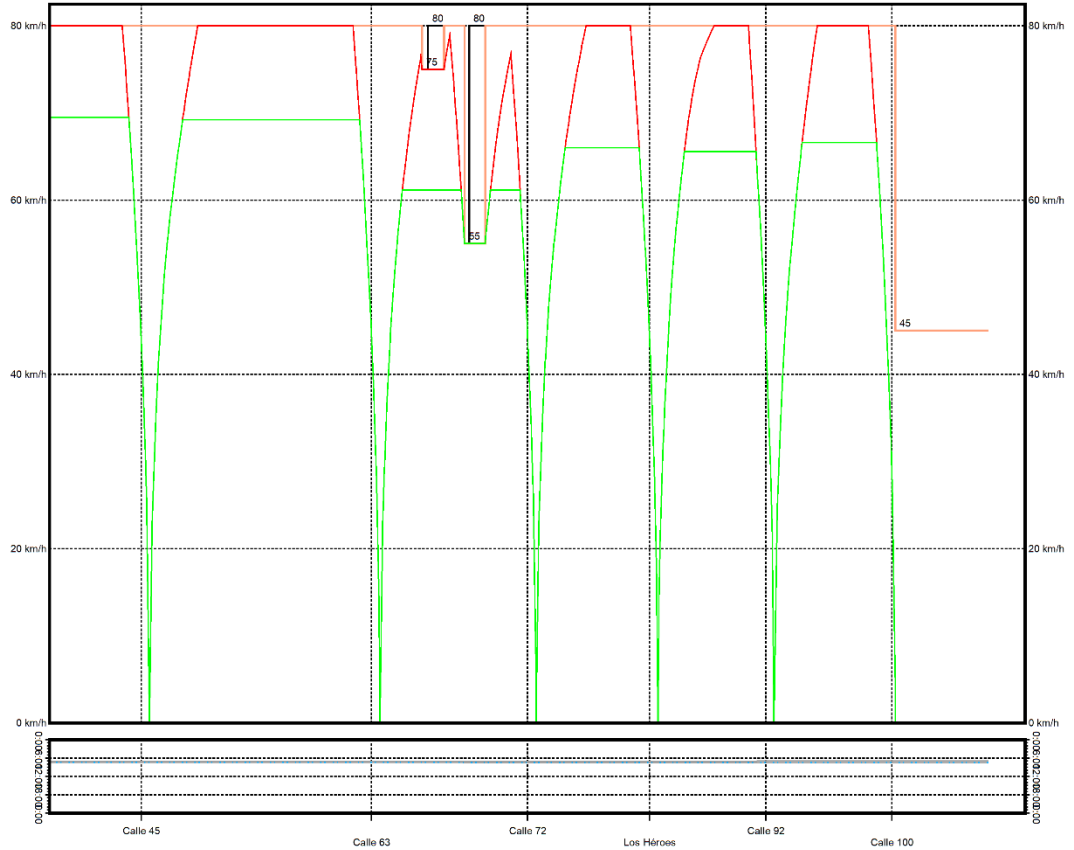
REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

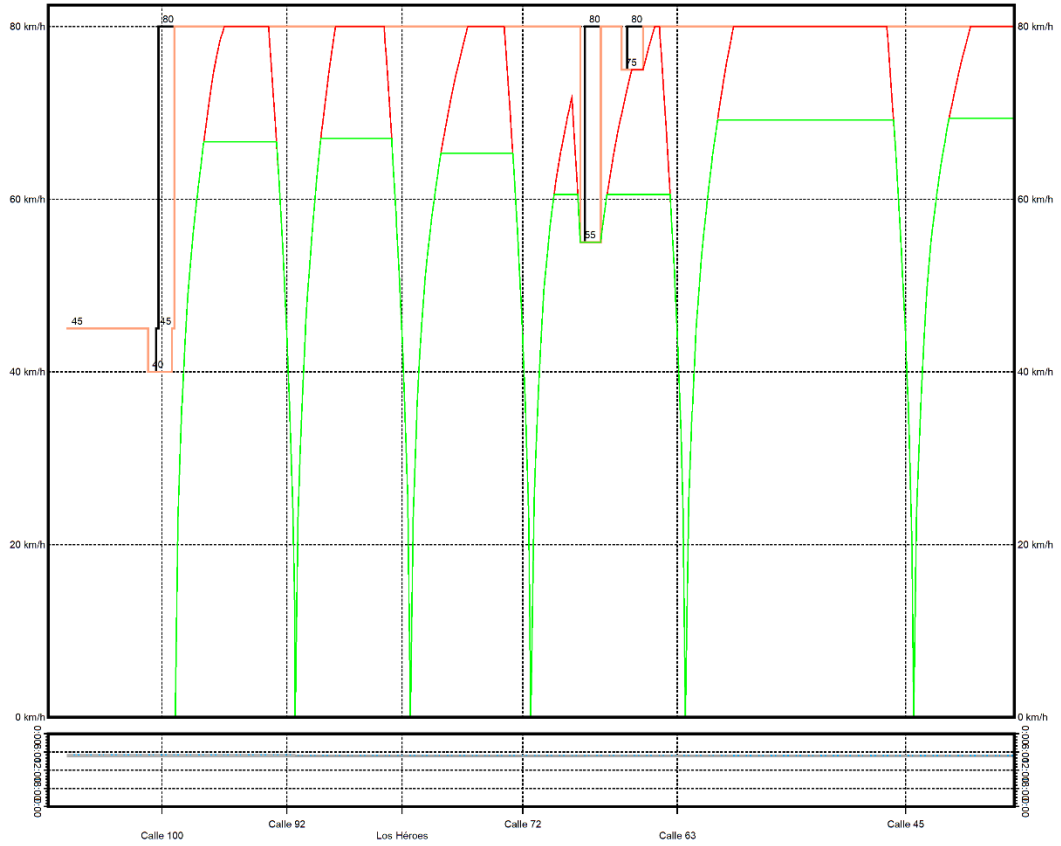
ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

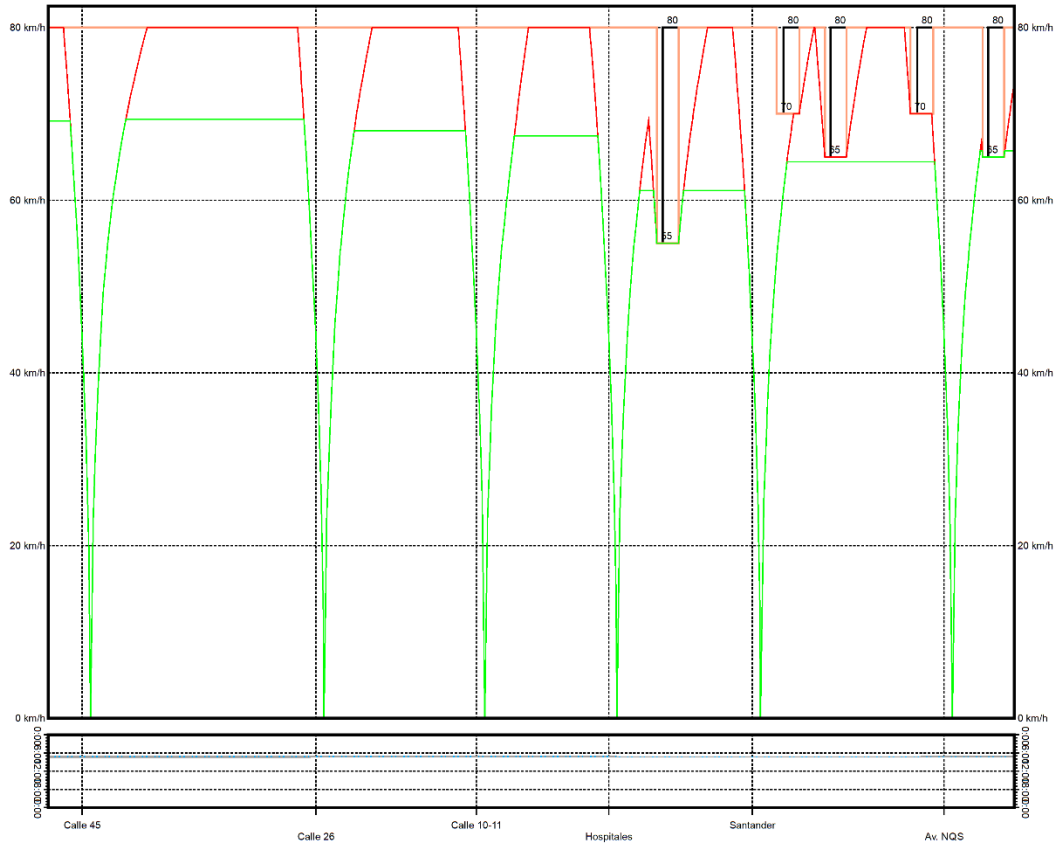
ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

Vía 2: N°19 - N°01-Carrera 96



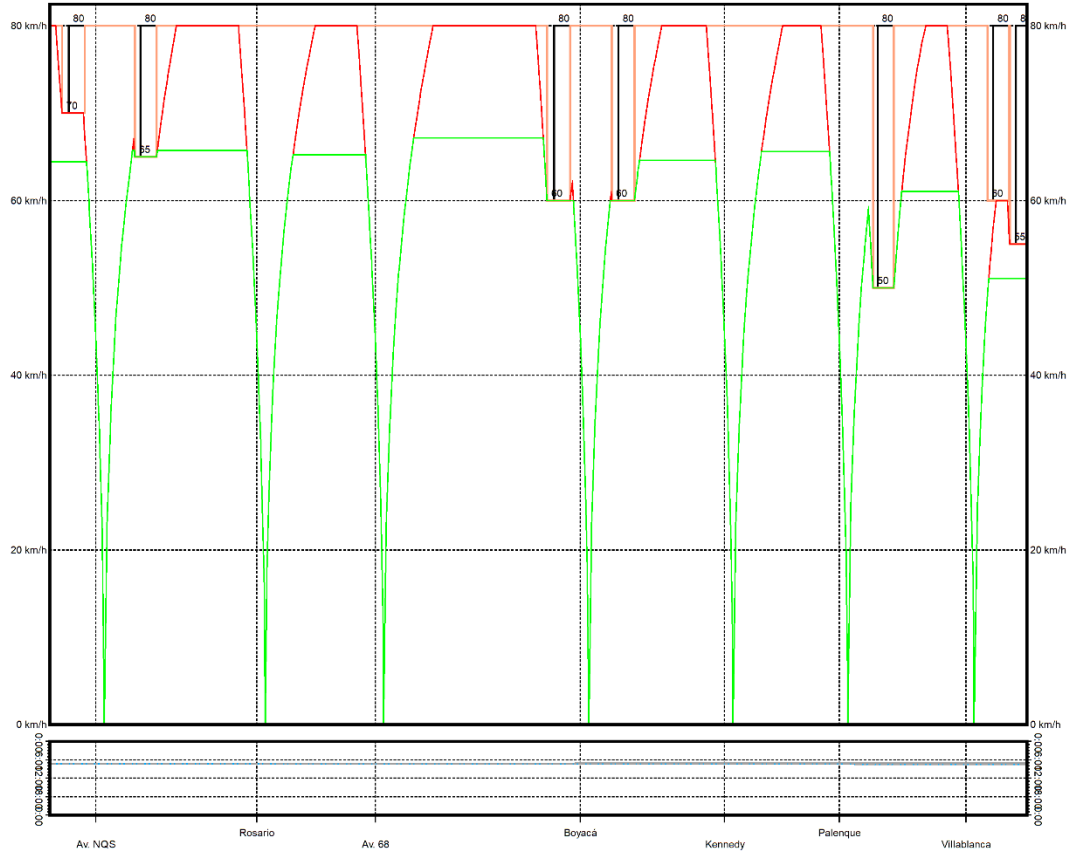
REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

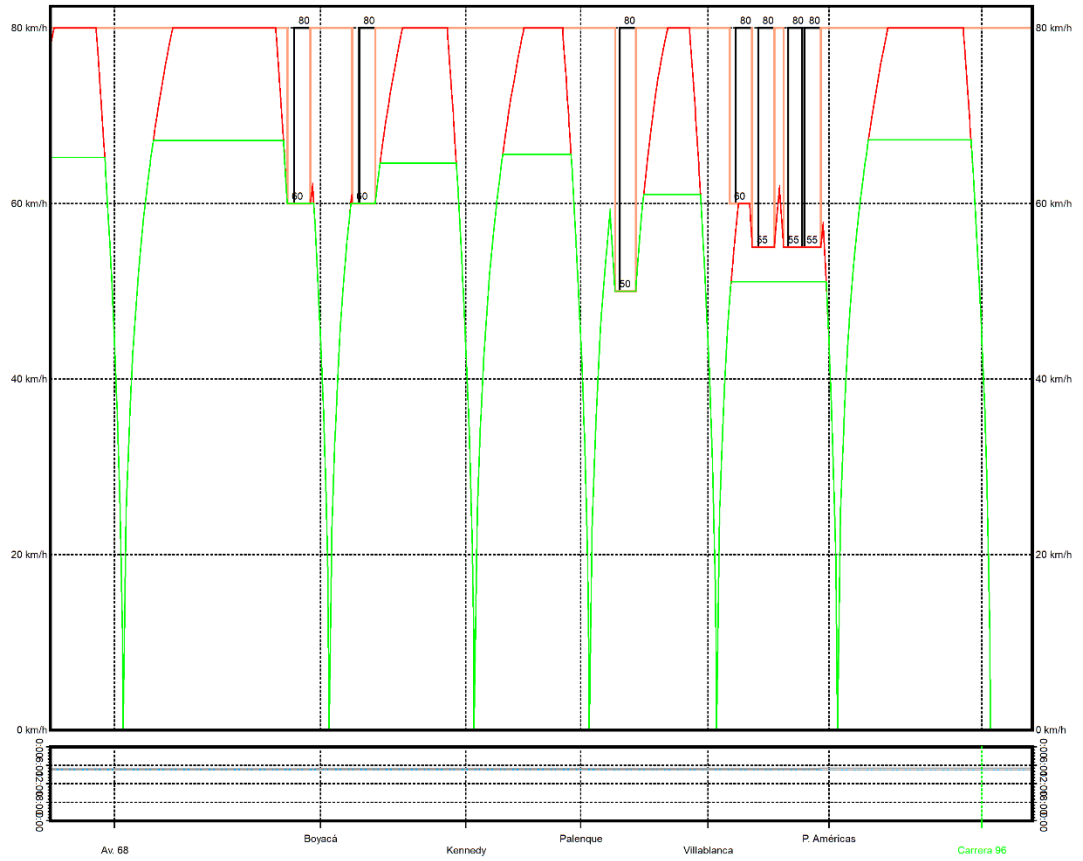
ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2





REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2



REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE OPERACIÓN PRELIMINAR  
EPLMB-EML-E5-POP-0001\_R2

