



**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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)**

Documento No. EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

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 ajustada según comentarios EMB
C	15-06-2022	Todas	Versión ajustada según comentarios EMB / Interventoría
0	08-07-2022	-	Versión aprobada
1	18-08-2022	Apéndice 5	Versión aprobada

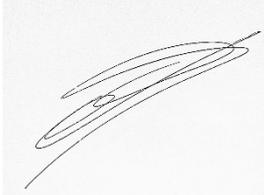
ÍNDICE DE MODIFICACIONES (Para uso de FDN)

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

REVISIÓN Y APROBACIÓN (Para uso de la Asesoría)

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

REVISIÓN Y APROBACIÓN (Para uso de FDN e Interventoría)

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

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. MARCO CONTRACTUAL	9
1.2. CONTEXTO DE LA PLMB Y DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1	10
1.3. MARCO LEGAL	12
2. GENERALIDADES	13
2.1 OBJETIVO	13
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLMB Y DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1	13
2.2.1. Aspectos particulares asociados con el carácter automático de la PLMB	15
2.3. DIRECTRICES DE MANTENIMIENTO	16
2.3.1. Fundamentos del mantenimiento	16
2.3.1.1. Mantenimiento	16
2.3.1.2. Tipos de mantenimiento	17
2.3.1.2.1. Mantenimiento preventivo	19
2.3.1.2.1.1. Mantenimiento sistemático	19
2.3.1.2.1.2. Mantenimiento condicional	19
2.3.1.2.1.3. Mantenimiento predictivo	19
2.3.1.2.2. Mantenimiento correctivo	20
2.3.1.2.3. Mantenimiento paliativo	20
2.3.1.2.4. Mantenimiento curativo	20
2.3.1.3. Mantenimiento basado en la confiabilidad	20
2.3.1.4. Niveles de mantenimiento	20
2.4. LA ELECCIÓN DE UNA POLITICA DE MANTENIMIENTO	24
2.4.1 Una estrategia de mantenimiento coherente con su entorno	24
2.4.1.1 Nivel de conocimiento de los equipos de mantenimiento	24
2.4.1.2 Nivel de conocimiento del equipo de ingeniería de mantenimiento	25
2.4.1.3 Los niveles de los objetivos de disponibilidad operacional y seguridad	26
2.4.1.4 Compartir para reducir los costes	26
2.4.1.5 Complejidad del sistema	26
2.4.1.6 Los recursos técnicos y humanos adecuados	27

2.4.1.7 La estrategia de creación de una nueva actividad	27
2.4.2 Un diseño adecuado con las expectativas de desempeño del sistema	27
2.4.3. Eje de mejoras	28
2.4.3.1 Diseño de los sistemas	28
2.4.3.2 La organización del mantenimiento	28
2.5. PROPUESTA DE ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	29
2.5.1. Principios clave de mantenimiento de la construcción de la organización	30
2.5.2. Organización del mantenimiento	30
2.6. PLANES PRELIMINARES DE MANTENIMIENTO POR DISCIPLINA	33
2.6.1. Principios	33
2.6.2. Enfoque en los cinco niveles de mantenimiento e intercambiabilidad	34
2.6.3 Planes preliminares de mantenimiento por disciplina	34
3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	35
4. ANÁLISIS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS DEFINITIVOS	37
4.1 AJUSTES AL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS	37
4.1.1 Alcance adicional generado por la extensión	37
4.1.2 Ajustes a los requisitos de mantenimiento para cada uno de los sistemas y componentes	37
4.1.3 Posibles ajustes al Mantenimiento de software y firmware (software) + Gestión de los sistemas de información	38
4.2 AJUSTES A LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	39
4.2.1 Ajustes a la Estrategia de mantenimiento	39
4.2.2 Organización de mantenimiento desde la fase de diseño y desplegada por la ingeniería de mantenimiento:	40
4.2.3 Organización de mantenimiento	40
4.2.3.1 Material Rodante	41
4.2.3.2 Sistemas CBTC y Señalización	42
4.2.3.3 Sistemas SCADA y Comunicaciones	42
4.2.3.4 Puertas de anden	42
4.2.3.5 Billetaje	42
4.2.3.6 Vía, Tercer Riel y Vehículos de trabajo	43
4.2.3.7 Energía	43
4.2.3.8 Sistemas E&M	43

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

4.2.3.9 Equipos de taller	44
4.2.4. Sugerencia para la duración de los contratos de mantenimiento	44
4.2.5 Sistema de Gestión de Mantenimiento (MMS), considerando la extensión de la línea	45
4.2.6 Enfoque específico en RCM y Asset Management	45
4.2.6.1 RCM: Mantenimiento basado en la confiabilidad	45
4.2.6.2 Asset Management	46
4.3 GESTION DE ACTIVOS – BIM	47
4.4 POSIBLES AJUSTES A LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO.	48
5. CONCLUSIÓN	49
APÉNDICE 1 : Apoyo Logístico Integrado desde la fase de diseño	50
APÉNDICE 2 : Extracto del PMP de la PLMB asociado a la organización del mantenimiento propuesta por Sistemas	58
APÉNDICE 3 : Extracto del PMP de la PLMB asociado a los planes de mantenimiento por Sistemas	73
APÉNDICE 4 : Sistema MMIS: Sistema de información para la gestión del mantenimiento	101
APÉNDICE 5 : Extracto del Apéndice Técnico 11 – Indicadores de Operación y Mantenimiento del Contrato de Concesión No. 163 de 2019 asociado a los indicadores de mantenimiento del contrato de concesión.	112

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Trazado de la PLMB.....	14
Ilustración 2: Trazados PLMB y L2MB con punto de interconexión y trazado preliminar de la EXT PLMB	15
Ilustración 3: Presentación general de los diferentes tipos de mantenimiento.....	18
Ilustración 4: Propuesta de organización del mantenimiento	32
Ilustración 5: Elementos de apoyo logístico integrado	51
Ilustración 6: Criticidad de las piezas de recambio: Método ABC	56
Ilustración 7: Configuración del software MMIS	103
Ilustración 8: Desglose funcional de la gestión de costes y presupuestos.....	107
Ilustración 9: Resumen de la interfaz del MMIS	110

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Para evitar cualquier confusión, en el presente documento se utiliza la siguiente terminología.

- Las instalaciones de mantenimiento son el término general para designar cualquier equipo de mantenimiento en las redes, los depósitos, las instalaciones de metro utilizadas para el almacenamiento, el mantenimiento, la reparación, la limpieza de coches, la supervisión de la administración de operaciones y las instalaciones de formación.
- El patio-taller designa los equipos, herramientas, talleres y almacenes útiles para el mantenimiento del material rodante y otros equipos de sistemas metro-ferroviarios.
- El sistema de transporte cubre el metro de la UTO.

Respecto a los acrónimos y abreviaciones, se detallan a continuación:

Tabla 1: Acrónimos y abreviaciones de mantenimiento

Acrónimos y abreviaciones	Definición
CMMS	Sistema informatizado de gestión del mantenimiento
FMECA	Análisis modal de fallos y análisis de efectos y criticidad
CCO	Centro de Control Integrado (Centro de Control Operativo)
ILS	Apoyo logístico integrado
L2MB	Línea 2 del Metro de Bogotá
KPI	Indicador clave de desempeño
MMIS	Solución/sistema de información para la gestión del mantenimiento
O&M	Operación y mantenimiento
PLMB	Primera Línea del Metro de Bogotá
RAM	Confiabilidad, disponibilidad y mantenimiento
RAMS	Confiabilidad, disponibilidad, mantenimiento y seguridad
RCM	Mantenimiento basado en la confiabilidad
REX	Retorno de la experiencia
UTO	Operación de Tren Desatendido (Operación de tren sin conductor)
WO	Orden de trabajo

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 Mantenimiento Preliminar (PMP)*” y presenta la revisión y los ajustes al Plan de Mantenimiento Preliminar (PMP) elaborado para la PLMB-Tramo 1 considerando el efecto de su extensión.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Capítulo 4: ANALISIS DE DOCUMENTOS TÉCNICOS DEFINITIVOS.

Capítulo 5: CONCLUSIÓN.

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.

Las modificaciones efectuadas al Decreto 398 de 2009 han sido las 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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

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 Mantenimiento Preliminar (PMP)*” 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 técnico¹.

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.

¹ 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 revisar y ajustar el Plan de Mantenimiento Preliminar (PMP) elaborado para la PLMB-Tramo 1 considerando los ajustes necesarios respecto al plan de mantenimiento de la PLMB-Tramo 1 con la adición del tramo la extensión de la PLMB-Tramo 1 hasta el sector de la calle 100, de modo que sea el soporte y punto de partida para todas las estimaciones de mantenimiento de la infraestructura y del sistema férreo para la extensión de la PLMB – Tramo 1 de acuerdo con las definiciones establecidas en el contrato de concesión No. 163 DE 2019 y conservando, en el tiempo, los estándares de calidad, disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y seguridad.

El objetivo es establecer una organización eficiente basada en la estrategia de mantenimiento de la PLMB para alcanzar los estándares mundiales en materia de estrategia de mantenimiento: compensación entre el coste de mantenimiento optimizado y los objetivos de desempeño RAMS. Una estrategia de mantenimiento debe estar asociada a una organización correspondiente, con los medios necesarios y suficientes para alcanzar los objetivos establecidos a través de la estrategia de mantenimiento.

Una organización de mantenimiento eficiente busca garantizar una oferta de servicio optimizada a los pasajeros y altos niveles de desempeño de disponibilidad, seguridad, regularidad del servicio, sostenibilidad de los sistemas, equipos e infraestructuras. También se debe tener en cuenta el control de costos.

Para alcanzar estos objetivos, la organización y las directrices de mantenimiento asumen que el criterio de mantenibilidad debe tenerse en cuenta obligatoriamente desde la fase de diseño del sistema de transporte. Se basa en un apoyo logístico integrado (ILS, Ver Apéndice 1 del presente documento) y eficaz, definido desde la fase de ante proyecto. También es la oportunidad de basar parte del mantenimiento preventivo con el mantenimiento basado en datos y en equipos modernos supervisados y operables a distancia de manera a minimizar el tiempo de inactividad de los equipos.

Las conclusiones de los estudios de apoyo logísticos tienen un gran impacto en el dimensionamiento del personal de mantenimiento.

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 Patio talleres-(cocheras).

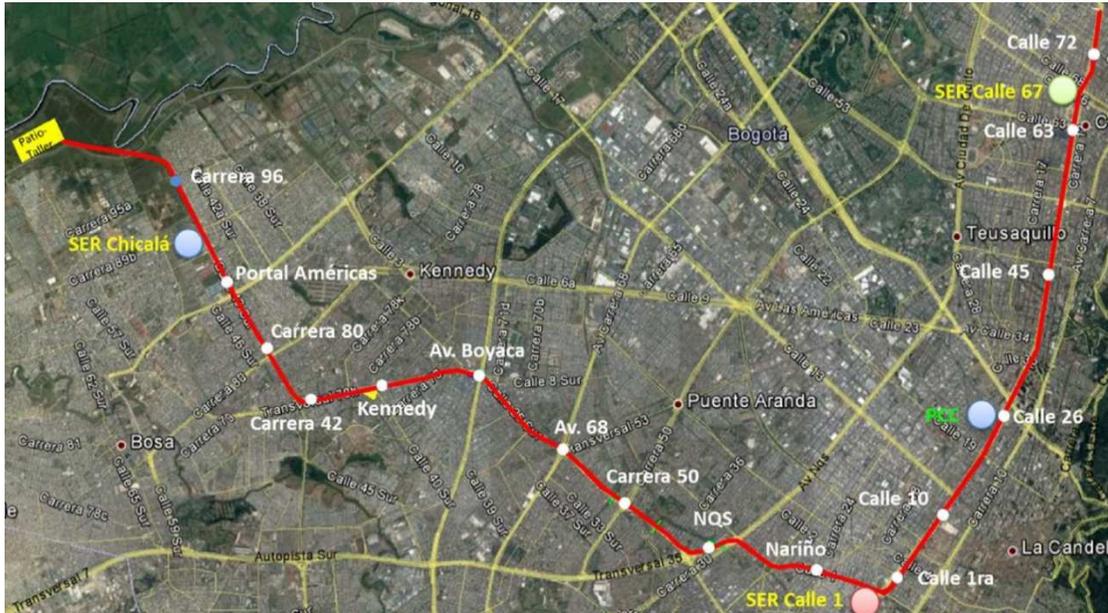
La totalidad de la línea entre estaciones discurre en viaducto.

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. 1° 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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Ilustración 1: Trazado de la PLMB



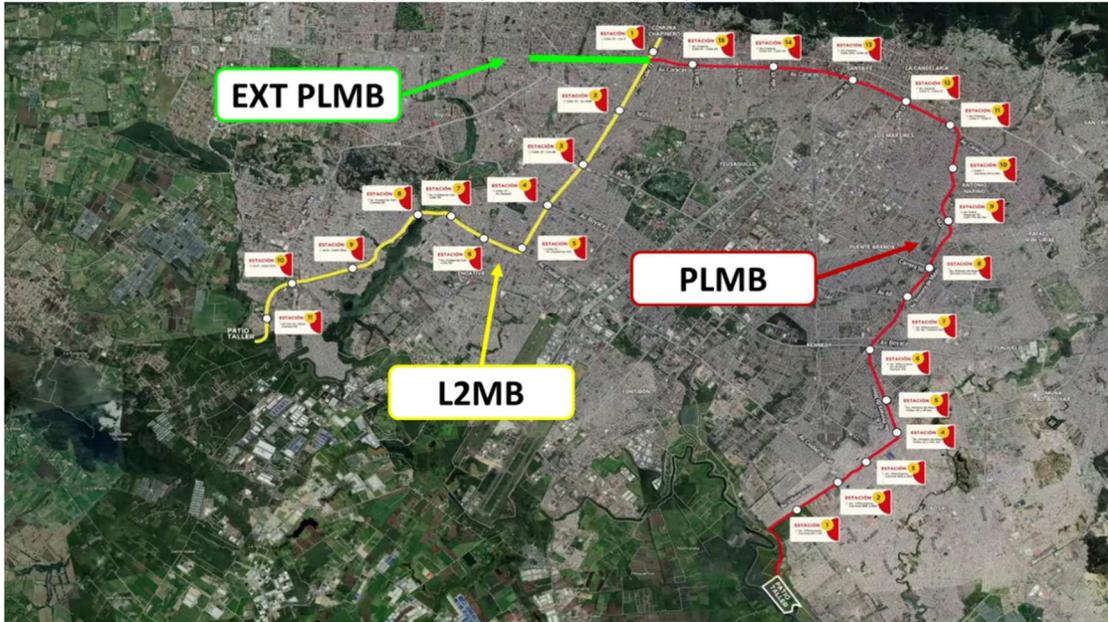
La cola de maniobras comienza tras la estación de metro Calle 72 y finaliza a la altura de la Calle 80. Es a partir de este punto que la extensión de la PLMB se inicia hasta llegar al sector de la calle 100 con Autopista Norte.

Cabe precisar que, como indicado en la sección 1.2, la tipología de la infraestructura de la extensión debe ser similar a aquella desarrollada para la PLMB-Tramo 1 hasta la calle 72, es decir, una tipología 100% en viaducto con los mismos sistemas metro-ferroviarios, de modo que se logre una línea de metro que opere integralmente, incluido el nuevo tramo de la extensión. Además, 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 Transmilenio y la L2MB que se encuentra en fase de diseño.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

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



2.2.1. Aspectos particulares asociados con el carácter automático de la PLMB

Un metro automático (UTO) tiene como objetivo aumentar la capacidad de transporte en comparación con el sistema de metro no automático UTO , con un impacto principal en la producción de kilómetros de material rodante y el uso de la infraestructura.

Por lo tanto, el mantenimiento tendrá que organizarse de forma diferente para hacer frente a las mayores exigencias del uso intensivo del sistema de transporte, al tiempo que se dispone generalmente de menos tiempo por noche para llevar a cabo todos los programas de mantenimiento. A nivel informativo, en proyectos UTO, la ventana es generalmente de tres horas y media.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Los principales impactos son los siguientes:

Material rodante

Tabla 1. Impactos del material rodante

Caracterización	Impacto
Intervalo reducido	Más trenes (es decir, mayor producción de kilómetros de la flota)
Aumento de la velocidad	<ol style="list-style-type: none">1. Más producción de kilómetros por coche,2. Desgaste más rápido de las infraestructuras afectadas por el aumento del ciclo de tonelaje * eje / día3. La velocidad aumenta la necesidad de atenuación de las vibraciones y ruido, aumentando los equipos de atenuación que son más complejos de mantener.
Capacidad para responder a situaciones excepcionales con horarios de apertura ampliados (eventos, etc.)	Producción kilométrica

El material rodante tendrá una mayor producción de kilómetros, por lo que el patio-taller (taller + zona de transferencia) debe diseñarse de forma ágil para reducir los tiempos de intervención en el material rodante.

Infraestructura

Más allá del aumento de la producción de kilómetros, la velocidad, además de otros factores, genera mayores tensiones mecánicas en los elementos de la vía y acelera el desgaste, por lo que las campañas de sustitución de los rieles desgastados serán más frecuentes, lo que requiere que las rutinas y los equipos para cambio de rieles sean más eficientes.

2.3. DIRECTRICES DE MANTENIMIENTO

Suele ser necesario recordar los fundamentos que deben guiar la actividad del futuro mantenedor y las herramientas que deberá desarrollar y aplicar para alcanzar los niveles de desempeño esperados.

2.3.1. Fundamentos del mantenimiento

2.3.1.1. Mantenimiento

Según la norma UNE-EN 13306:2018, el mantenimiento es "la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión durante el ciclo de vida de un elemento destinadas a mantenerlo en un estado en el que pueda realizar la función requerida, o a restablecerlo".

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Así pues, el mantenimiento es el conjunto de actividades para mantener o restablecer los niveles nominales de seguridad, desempeño y disponibilidad de un sistema o equipo, con un coste optimizado. La optimización del mantenimiento requiere coherencia entre la definición del sistema y la política de mantenimiento asociada a la organización.

El desempeño en el alcance del mantenimiento de un sistema o equipo requiere el establecimiento de un soporte logístico adecuado. Así, el mantenimiento debe seguir una política que busque prevenir la aparición de fallos y minimizar los costos de mantenimiento y el tiempo de inactividad. Para lograr este propósito, se aplican varios tipos de mantenimiento.

2.3.1.2. Tipos de mantenimiento

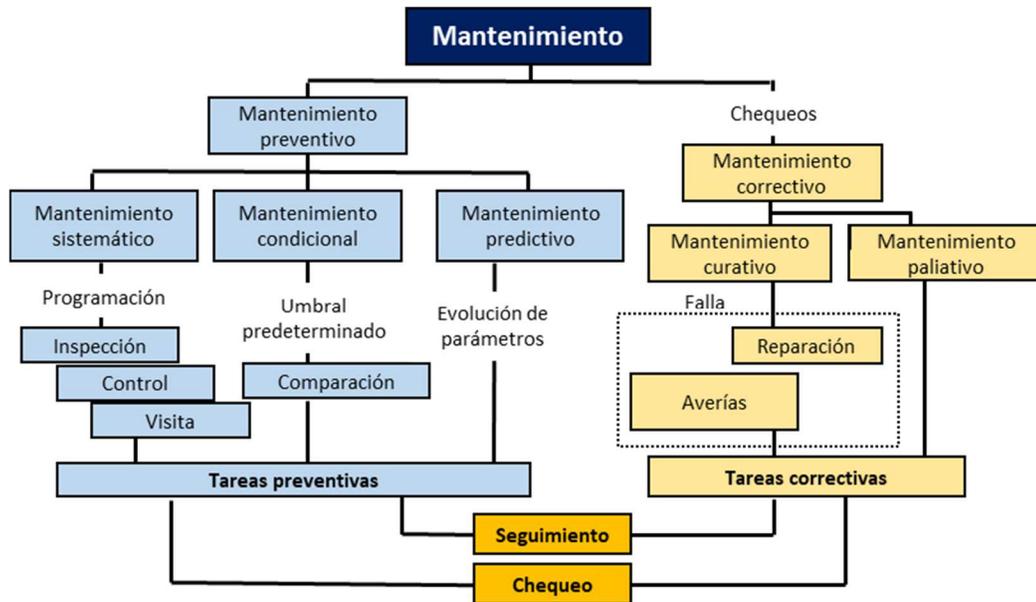
Las actividades de mantenimiento se dividen en dos categorías principales:

- Mantenimiento preventivo, también llamado mantenimiento programado. Ofrece una frecuencia de mantenimiento basada, por ejemplo, en la duración, los kilómetros recorridos o las condiciones específicas (*).
- El mantenimiento correctivo, que depende de las averías.

(*) El mantenimiento relacionado con los resultados de las inspecciones preventivas planificadas se considera mantenimiento preventivo condicional, mientras que el mantenimiento correctivo permite recuperar el modo nominal después de las averías, como tarea de mantenimiento no programado.

La siguiente ilustración muestra todos los tipos de mantenimiento.

Ilustración 3: Presentación general de los diferentes tipos de mantenimiento



Notas:

El mantenimiento correctivo se divide en este esquema en Curativo y Paliativo como términos que se suelen utilizar en el ámbito de la ingeniería de transporte para distinguir 2 tipos de mantenimiento correctivo que requieren una acción posterior al fallo; ya sea inmediata o temporal para mantener el funcionamiento del sistema.

En efecto, estos términos están presentes en la norma francesa NF X60-000, pero no se presentan explícitamente en la norma europea EN 13 306, aunque no es raro encontrar esta distinción en el mundo anglosajón. No obstante, esta última los distingue de la siguiente manera:

- 1/ Mantenimiento correctivo paliativo o diferido: mantenimiento correctivo que no se lleva a cabo inmediatamente después de la detección de una avería, sino que se retrasa de acuerdo con determinadas normas,
- 2/ El mantenimiento curativo o correctivo inmediato que se lleva a cabo sin demora tras la detección de una avería para evitarlo.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

2.3.1.2.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se ejecuta para mantener un sistema en condición satisfactoria de operación, por la inspección del sistema, detección y prevención de fallos nacientes, calibración, regulación, verificación y limpieza.

Estas actividades son basadas sobre RAM análisis y experiencias de proyectos similares. Todas las actividades de mantenimiento predictivos son planificadas y cubiertas por el propósito de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo se basa en tres conceptos:

- El mantenimiento programado o sistemático según el plan de mantenimiento,
- El mantenimiento condicional, según la evolución de los criterios de activación del mantenimiento preventivo,
- El mantenimiento predictivo (también llamado mantenimiento proactivo).

Estos conceptos de mantenimiento se describen a continuación.

2.3.1.2.1.1. Mantenimiento sistemático

Este tipo de mantenimiento es indicado principalmente por el proveedor del equipo, en base a parámetros, sin control. Se trata de gamas de mantenimiento procedentes de la documentación de mantenimiento estudiada y propuesta por los fabricantes. Son escalables en función de la información recibida. Las tareas se programan en función de parámetros como :

- Tiempo (día, semana, mes, año),
- Número de secuencias en el equipo (kilometraje, bloqueo o liberación, cierre o apertura),
- Intervalo (edad del equipo...).

2.3.1.2.1.2. Mantenimiento condicional

Este mantenimiento se basa en el seguimiento de datos específicos, por comparación con umbrales predefinidos. De este modo, las tareas de mantenimiento sólo se activan cuando se alcanza o supera el umbral. El objetivo principal de este tipo de mantenimiento es anticiparse a las averías. Los desencadenantes suelen ser el resultado de una medición, por ejemplo:

- Duración anormal de apertura y cierre de las puertas del tren en comparación con la duración media,
- Tiempo total de funcionamiento de un compresor durante un día.

2.3.1.2.1.3. Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento se basa en la información resultante de análisis específicos y se refiere a equipos muy particulares en los que no es posible instalar dispositivos o sensores inteligentes. Los resultados se interpretan mediante reglas para prever las tareas de mantenimiento. Por ejemplo, el mantenimiento del sistema mecánico de una caja de cambios se planifica en función del resultado del análisis del aceite a través de una muestra de equipos o sistemas.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

2.3.1.2.2. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento no está programado por naturaleza; se activa por defectos y/o alarmas. Su objetivo es el restablecimiento del funcionamiento normal o parcial.

Se debe tener en cuenta que algunas tecnologías de equipos permiten generar información sobre su propio estado, especialmente cuando se producen fallos, lo que constituye una valiosa ayuda para el diagnóstico.

2.3.1.2.3. Mantenimiento paliativo

El objetivo de este tipo de mantenimiento es una acción de mantenimiento correctivo que permita realizar de forma provisional toda o parte de una función necesaria. Comúnmente llamado "reparación temporaria", el mantenimiento paliativo consiste principalmente en acciones temporales que deben ir seguidas de acciones curativas. Se trata, por tanto, de restablecer el funcionamiento de los equipos tras una avería, a la espera de las intervenciones curativas.

2.3.1.2.4. Mantenimiento curativo

El objetivo de este tipo de mantenimiento es restablecer el sistema en condiciones nominales después de una avería.

2.3.1.3. Mantenimiento basado en la confiabilidad

La metodología del Mantenimiento basado en la confiabilidad (Reliability Centred Maintenance como RCM) se utiliza cuando el sistema está estabilizado y se acumulan datos suficientes para realizar un análisis significativo. Proporciona elementos para lograr la optimización de los costos mediante la eliminación de las tareas de mantenimiento ineficaces y el aumento de la vida útil de los activos. Posteriormente, los costos del ciclo de vida pueden reducirse sin sacrificar el nivel de seguridad y la confiabilidad de los activos.

Un equipo multifuncional de ingenieros y gestores debería estar capacitado para llevar a cabo el análisis RCM.

2.3.1.4. Niveles de mantenimiento

A cada etapa del ciclo de vida de un material le corresponde un nivel de mantenimiento. La siguiente tabla resume los cinco niveles según la norma EN 13306: 2010 ("Terminología de mantenimiento"). Estas tareas se dividen en niveles de complejidad creciente.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Tabla 2: Definiciones generales de los niveles de mantenimiento

Niveles	Definiciones	Personal
1	Intervenciones inmediatas y rápidas que requieren procedimientos sencillos. La acción permite restablecer o asegurar la continuidad del servicio. Este nivel se caracteriza por acciones sencillas realizadas con una formación mínima.	Personal con formación mínima
2 ⁽¹⁾	Acciones que requieren procedimientos detallados y/o equipos de apoyo (propiedad integrada o externa). Este nivel se caracteriza por acciones básicas que deben ser realizadas por personal cualificado utilizando procedimientos detallados.	Personal cualificado
3 ⁽²⁾	Operaciones que requieren procedimientos complejos y/o equipos de apoyo portátiles. Este nivel se caracteriza por acciones básicas que deben ser realizadas por personal cualificado utilizando procedimientos detallados.	Personal técnico cualificado
4 ⁽³⁾	Operaciones cuyos procedimientos implican el dominio de una técnica o tecnología específica y/o la implementación de equipos de apoyo especializados. Este nivel se caracteriza por acciones que implican el conocimiento de una técnica o una tecnología y que deben ser realizadas por personal técnico especializado.	Personal técnico especializado
5 ⁽⁴⁾	Operaciones cuyos procedimientos implican conocimientos técnicos, utilizando técnicas o tecnologías especiales, procesos y/o equipos industriales de apoyo. Este nivel se caracteriza por acciones que implican un conocimiento que posee el fabricante o una empresa especializada con equipos de apoyo logístico industrial.	Fabricante o empresa especializada

Notas:

(1) Las operaciones de nivel 2 suelen realizarse in situ. Suelen llevar a cambiar un subconjunto completo que luego se reparará en el taller.

(2) Las operaciones de nivel 3 suelen realizarse in situ. Suelen llevar a cambiar uno o varios elementos de un subconjunto. Estos elementos se reparan después en el taller.

(3) Las operaciones de nivel 4 suelen implicar la reparación in situ de los subconjuntos retirados. La investigación de la avería y el cambio del componente averiado requieren formas y nivel de cualificación muy específicos.

(4) Las operaciones de nivel 5 suelen implicar la renovación de instalaciones o la realización de una mejora importante.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

A continuación se detallan en qué consisten los cinco niveles:

Nivel 1:

Arreglos simples, previstos por el constructor por medio de elementos accesibles sin ningún desmontaje o apertura del equipo, o intercambios de elementos consumibles accesibles con toda seguridad, tales como videntes, fusibles, etc.

Este tipo de intervención puede ser efectuado por el operador del bien, en el mismo lugar, sin herramientas y con ayuda de instrucciones de utilización.

El stock de repuestos (consumibles) es muy limitado.

Este mantenimiento puede ser ejecutado por el personal de operación con un mínimo de formación y de competencia técnica. Este papel será destinado a equipos ambulantes que actuarán durante las horas de operación (20 horas por día laborable).

Nivel 2:

Reparación por intercambio estándar de los elementos y operaciones menores de mantenimiento preventivo, tales como engrasado o control de buen funcionamiento.

Este tipo de intervención puede ser efectuada por un técnico habilitado, por calificación media, en el mismo lugar con las herramientas transportables definidas por las instrucciones de mantenimiento, y con la ayuda de estas mismas instrucciones.

Este nivel contiene dos actividades principales:

- **Intervenciones** que necesitan tan sólo de procedimientos simples y/o equipos de apoyos simples;
- **Comprobaciones de seguridad** llevadas a cabo por técnicos cualificado. Los intercambios de componentes simples como lámparas pueden ser realizados por el personal no cualificado.

A título de ejemplo, aplicado al material rodante, la finalidad de esta actividad es asegurarse de que el material rodante puede ser devuelto en servicio sin riesgo para la seguridad del tráfico, las personas y los equipos.

Estas visitas comprenden pruebas, comprobaciones, medidas, limpiezas técnicas, lubricaciones, etc. Reparaciones menores también están incluidas.

Nivel 3:

Este nivel negocia intervenciones que necesitan el recurso a procedimientos complejos y/o equipos de apoyos complejos. Una inspección mayor contiene medidas, pruebas, el intercambio de componentes y la comprobación general de los circuitos del tren.

Estas intervenciones comprenden sustituciones parciales de elementos menores o de elementos más importantes como bogie, motor de tracción, suspensión a aire, etc. estas intervenciones requieren del uso de equipos pesados de levantamiento. Este nivel de mantenimiento considera sólo la sustitución de las piezas de desgastes. La renovación se realiza en el nivel 4.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

El taller deberá ser equipado del material necesario con el fin de minimizar la duración de indisponibilidad.

El nivel 3 de mantenimiento puede ser ejecutado en el taller de mantenimiento menor o en el taller de mantenimiento mayor. Estas tareas pueden ser ejecutadas por un técnico cualificado o por un equipo dirigido por un capataz.

Nivel 4:

El nivel 4 se refiere a intervenciones que necesitan el recurso de técnicas específicas, una tecnología de punta o equipos específicos de apoyo. Este nivel de intervención concierne a todas las intervenciones de grandes revisiones.

El intercambio de los componentes (que necesitan entre 1 y 20 días de trabajo) consiste en cambiar o en reparar el componente. Esta intervención se hace cada 15 años o más o bien, puede ser determinada por la medida del número de kilómetro recorrido y por la vida útil del componente concernido.

Esta actividad necesita talleres de reparación especializados con el fin de poder ejecutar el intercambio de cada componente.

La revisión de la caja del tren (1 mes) principalmente consiste en verificar su estructura y en rehacer la pintura. Esta intervención es ejecutada en la vida media, cada 15 años.

Nivel 5:

El nivel 5 es independiente de los 4 primeros niveles. Corresponde a las intervenciones que necesitan una destreza que reposa en técnicas, tecnologías, procesos y equipos de apoyo específicas. Todas las modificaciones para mejorar la disponibilidad del tren, coche o componentes son de este nivel. Las intervenciones pueden ser realizadas en el taller de pequeñas revisiones o en el taller de grandes revisiones. La maestría depende del tipo de intervención.

Las intervenciones de nivel 5 dependen de la fiabilidad del tren.

2.4. LA ELECCIÓN DE UNA POLITICA DE MANTENIMIENTO

La organización de mantenimiento depende de los siguientes criterios:

- Parámetros intrínsecos a la propia organización, su estrategia y la experiencia del operador y/o del mantenedor;
- El diseño del sistema que genera la manera en la que el sistema será mantenido;
- La función del sistema enfrente de la seguridad de los viajeros;
- La función del sistema enfrente de la perennidad de la explotación;
- La función del sistema cuyo fallo puede tener un impacto negativo sobre la imagen.

El tipo de contrato de mantenimiento interviene, no en la elección de la organización del mantenimiento sino en el modo de realizar al menor coste esta organización.

2.4.1 Una estrategia de mantenimiento coherente con su entorno

Se pretende con este documento hacer una revisión de las organizaciones existentes y que podrían adecuarse con el proyecto de Metro Bogotá, pero no deja de ser pertinente adaptar esta estrategia con los desempeños pretendidos y el perfil del mantenedor interno del Metro Bogotá, especialmente por no pocos puntos de comparaciones con sistemas operantes en Colombia.

Se recuerda que el objetivo principal del mantenedor es garantizar una disponibilidad máxima, con el máximo de seguridad, por un coste mínimo y maximizando la vida útil del sistema.

No existe una solución estándar aplicable, ya que cada una tiene sus especificidades, su propia organización, experiencia, tamaño de la red etc.

La estrategia de mantenimiento depende especialmente de:

- Los conocimientos técnicos de los operadores;
- Los conocimientos de las técnicas de ingeniería de mantenimiento;
- Los niveles de los objetivos de disponibilidad operacional y seguridad;
- Compartir para reducir los costes (incluyendo mientras la externalización);
- La complejidad del sistema;
- Los equipos de mantenimiento específicos y la capacidad de inversión en instrumentos y herramientas específicas;
- La capacidad para adquirir y perennizar actividades que no son el negocio principal del cliente.

El Cliente podrá decidir cuál(es) estrategia(s) de mantenimiento pretende poner en aplicación mediante todos estos criterios.

2.4.1.1 Nivel de conocimiento de los equipos de mantenimiento

Sin predecir las capacidades técnicas de los equipos existentes o por constituir, no se puede ocultar que un sistema nuevo de transporte, en este caso la PLMB extendida, conlleva nuevas tecnologías y necesita una adaptación 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

ENTREGABLE 5 - PLAN DE MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

los equipos existentes. Por esta razón, es usual contar con sesiones de formaciones por parte de los constructores a la operación y al mantenimiento de los sistemas que propone.

Sin embargo, y sin condescendencia, cabe recordar que un sistema de metro automático en viaducto necesita un dominio total de las tareas de mantenimiento.

Una estrategia de externalización se puede entender en sub sistemas complejos y cruciales del sistema, como el CBTC. La externalización permite garantizar, especialmente pero no solo en los niveles 3 / 4 y 5 una óptima gestión de la obsolescencia, sino la necesidad de soportar las exigencias rigurosas de mantenimiento impuestas por la automatización.

Así, los efectos de tamaño de un sub contratista (el proveedor, por ejemplo) que tendría varios sistemas por mantener alrededor del mundo le permite optimizar los costes y proponer una solución "Turn Key" (llave en la mano) a Metro de Bogotá lógicamente de mejor mercado que si fuese al Metro de Bogotá quien debiese hacerlo por sí mismo. De la misma manera, el rendimiento del mantenedor se justifica cuantas más líneas idénticas tenga por mantener.

Por ejemplo, en el caso de la importante red del metro de París, el rendimiento del mantenimiento es mucho mayor al que tendría lógicamente el Metro de Bogotá con solo una única línea de metro automática.

2.4.1.2 Nivel de conocimiento del equipo de ingeniería de mantenimiento

Es el mismo paradigma que el conocimiento requerido por parte de los equipos de mantenimiento descritos en el párrafo precedente. Es común encontrar clientes que no tienen equipos con el tamaño suficiente y/o con las competencias requeridas en su organización, y por lo tanto, se realiza mientras se adquiere este conocimiento un contrato de las tareas asignadas a la ingeniería de mantenimiento.

El mantenimiento es uno de los medios principales que garantizan los altos rendimientos de un sistema, y especialmente en términos de seguridad y disponibilidad. Es necesario que la ingeniería de mantenimiento sea capaz de promover el sistema con una mejora continua de sus actividades.

Las principales tareas, no limitándose a las de mantenimiento, son:

- Seguir el crecimiento de la confiabilidad durante los primeros años de servicio/operación y verificar los indicadores que permitan a los diferentes proveedores salir de su garantía. (Cabe aclarar que esta función no puede ser rendida a los proveedores directamente);
- Seguir los indicadores de retorno de experiencia, tras monitorizar los desempeños de cada sistema o equipo en términos de confiabilidad y disponibilidad, y detectar el momento de degradación de la tasa de confiabilidad, y que así justificaría el reemplazo de los sistemas o equipos;
- Implementar los planes de mantenimiento, optimizarlos, así como compartir los equipos y los equipamientos de mantenimiento entre varias líneas de una misma red;
- Promover la vigilancia tecnológica;
- Integrarse dentro de análisis de "Asset Management" y de RCM (*Reliability-Centered Maintenance* → Mantenimiento centrado en fiabilidad), el objetivo será de mejorar los costes de mantenimientos,

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

- garantizando los desempeños del sistema y anticipando las problemáticas de gestión de la obsolescencia;
- La gestión de las piezas de reemplazo.

2.4.1.3 Los niveles de los objetivos de disponibilidad operacional y seguridad

Mediante los niveles de disponibilidad operacional pretendidos, así como la reglamentación local, esto se traducirá en una obligación de medios hasta una obligación de resultados. Estos niveles pretendidos serán a ponderar en función de la organización del cliente/representante disponible y su capacidad a alcanzar esos objetivos.

A título de información, se presentan en el Apéndice 5 del presente documento, los indicadores de mantenimiento de la PLMB definidos en el *Apéndice Técnico 11 – Indicadores de Operación y Mantenimiento* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019.

2.4.1.4 Compartir para reducir los costes

Toda organización pretende reducir los costes. Así, una regla fundamental pasa por compartir los recursos, ya sean humanos o técnicos. El adagio dice que “juntos somos más fuertes”, pues, compartiendo las oportunidades de sinergias con otras entidades se permite:

- Amortiguar las inversiones entre diferentes actores;
- Tener una tasa de utilización maximizada de los equipos (de mantenimiento) entonces que solo, sería mucho menos utilizado;
- Tener una tasa de carga de los equipos maximizada;
- Compartir es más fácil cuando el parque de equipos por mantener es importante.
- Sin embargo, se puede compartir también en ese caso externalizando las tareas de mantenimiento, al proveedor, que conoce perfectamente el sub sistema (aún más interesado ya que tendrá que soportar los costes de mantenimiento él mismo si el sistema no es lo suficientemente confiable);
- a una entidad con experiencia de mantenimiento de sistemas análogos, cuyas competencias toquen a todos los sub sistemas o la mayor parte de ellos.
-

Entregar el mantenimiento al proveedor puede ser contraproducente cuando haya muchos proveedores. Cuantos más proveedores haya, menos posibilidades de compartir los recursos y las inversiones, además de la dificultad generada por la gestión de interfaces y límites de prestaciones entre cada proveedor.

Se recuerda que ciertos sub sistemas, incluso con un nivel de complejidad importante, ya se encuentran en la red de transporte existente de Bogotá (en la red de Transmilenio). Se podrían compartir los conocimientos desarrollados en el sistema de Transporte de Bogotá con el fin de reducir los costes, beneficiándose de la experiencia adquirida.

2.4.1.5 Complejidad del sistema

La complejidad del sistema es la consecuencia de la necesidad de externalizar cuando no se disponga de las competencias disponibles. Se trata de un sistema totalmente automatizado y en viaducto. La capacidad de mantenimiento interno /externo dictará la externalización de las tareas de mantenimiento.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Como descrito en la sección precedente, la externalización tendrá que ser pensada con el objetivo de compartir al máximo los recursos.

Se recuerda que ciertos sub sistemas de menor complejidad ya existen en Bogotá como el Transmilenio. Cabe diferenciar los sistemas complejos de los sistemas menos complejos.

2.4.1.6 Los recursos técnicos y humanos adecuados

Un sistema de metro no deja de tener ciertas similitudes con los sistemas BRT, por ejemplo, las obras civiles, las estaciones o el sistema de peaje. Sin embargo, otras tecnologías serán novedosas, por lo menos durante la primera década, como el CBTC o el material rodante. La estrategia de mantenimiento y/o de externalización deberá integrar estos parámetros.

2.4.1.7 La estrategia de creación de una nueva actividad

Operar y mantener un sistema de metro automático no es una actividad innata. Se consigue con formación, pero también experiencia adquirida durante largos años de operación. Por eso se , es ilusorio según nuestra experiencia, considerar que solo la formación permitirá responder a las grandes exigencias, sobre todo con una única línea en explotación. Sin embargo, se puede considerar también que se tiene voluntad por adquirir experiencia y capacidad a lo largo de los años, e incluir internamente tareas que serán externalizadas al principio.

Así, se considera que a corto plazo las tareas de nivel 1 y 2, que necesitan menos conocimientos y experiencia, se podrán gestionar internamente. A medio plazo, se añadirían las tareas de nivel 3 y 4, y en ocasiones las de nivel 5. Las tareas que no se pueden realizar de manera interna serán externalizadas a los mantenedores especializados con menores costos asociados.

2.4.2 Un diseño adecuado con las expectativas de desempeño del sistema

Se exige que el diseño se oriente de forma a garantizar la seguridad de las personas, así como la capacidad de sacar un tren averiado con los equipos móviles. En un sistema de metro automático, los niveles de confiabilidad deben garantizar una óptima disponibilidad operacional sin generar un caos en la operación en caso de falla de un tren o de un sistema.

Se requiere por diseño una tasa de falla baja y una capacidad del sistema de soportar una falla sin impactar el sistema global.

3 medios permiten limitar los impactos en el sistema:

- Por diseño, con redundancias activas o pasivas;
- Gracias a la calidad de los ítems y equipos, con alta tasas de confiabilidad, con el retorno de experiencia en utilizaciones análogas;
- Por una adecuación de las tareas de mantenimiento.

Se constata entonces que la fuerte relación entre mantenimiento, especificaciones de los ítems y arquitectura global del sistema, debe buscar siempre el objetivo de seguridad y disponibilidad.

2.4.3. Eje de mejoras

2.4.3.1 Diseño de los sistemas

Los sistemas cuya criticidad ha sido identificada deben responder a las exigencias siguientes de diseño:

1. Tener una gran disponibilidad. Esta disponibilidad intrínseca se ve aumentada por la aplicación de la redundancia activa.
2. Ser rápidamente reparables para reducir el tiempo de intervención. Para esto se debe exigir:
 - o Equipos modulares pues, fácilmente reemplazables por intercambio estándar (equipos conectables y desconectables);
 - o Equipos con capacidad a ser mantenidos;
 - o Una señalización automática y en tiempo real de las alarmas;
 - o Repuestos rápidamente disponibles.

2.4.3.2 La organización del mantenimiento

El mantenimiento tiene que estar organizado para responder rápidamente a la entrega en operación de las instalaciones críticas. Se aconseja recurrir a un equipo de intervención rápida que será repartido a lo largo de la línea.

El papel del equipo de intervención rápida es:

- El servicio viajero en estación;
- La comprobación del buen funcionamiento de los equipos en estación;
- La revisión de un equipo que falla por una intervención de nivel 1;
- La conducción de un tren que falla para sacarlo lo más rápidamente posible de la línea (a partir de una cabina de conducción manual de recaudo).

Se propone una organización constituida:

- Por un equipo técnico de mantenedores propio a cada sistema identificado anteriormente. Este equipo asegura el mantenimiento de los niveles 2 - 5;
- Por un equipo de intervención rápida constituido por el personal de operación.

2.5. PROPUESTA DE ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

El desarrollo de una estructura de organización del mantenimiento optimizada podría llevarse a cabo en dos soluciones, ya sea que la realización del mantenimiento se dedique respectivamente a la red de metro o se mutualiza para otros modos de transporte.

Las ventajas e inconvenientes de la configuración del mantenimiento mutualizado consisten en:

- Beneficios:
 - Máxima optimización de los recursos,
 - Menos personal de mantenimiento necesario,
 - Necesidad de almacenar menos piezas de repuesto para los equipos y sistemas comunes,
 - Una interfaz clara entre la división de operaciones y la de mantenimiento,
 - Homogeneización de las prácticas de mantenimiento,
 - Reducción de los costos de estructura (servicios administrativos, de ingeniería...).
- Inconvenientes:
 - Habilidades específicas para cada modo de transporte necesarias para algunos equipos y sistemas específicos (RS, señalización, trabajo en la vía, energía de tracción),
 - Dificultad para conseguir algunos licitadores relevantes durante el proceso de negociación.

Las principales ventajas e inconvenientes de la configuración del mantenimiento por modos (por lo que un equipo dedicado al metro) consisten en:

- Beneficios:
 - Independencia total de cada uno de los modos,
 - Más probabilidades de conseguir licitadores relevantes durante el proceso de negociación.
- Inconvenientes:
 - Más proceso de gestión de contratos para emprender,
 - Se necesita más personal de mantenimiento,
 - Múltiples soportes de gestión y equipos (RRHH,...),
 - Múltiples repuestos y herramientas,
 - Aumento de las utilidades de mantenimiento (oficinas, herramientas...).

Se considera el metro de Bogotá como una solución integrada definida por una única organización de mantenimiento que tiene que materializarse al nivel de los contratos de operación y mantenimiento.

A título de información, se presentan en el Apéndice 2 del presente documento, la organización del mantenimiento propuesta el marco del proyecto de la PLMB.

2.5.1. Principios clave de mantenimiento de la construcción de la organización

Para garantizar una organización eficaz del mantenimiento, será necesario aplicar algunos conceptos y herramientas de gestión y mantener las buenas prácticas de mantenimiento.

El mantenimiento de los niveles 1, 2 y 3 será realizado por los equipos de mantenimiento. La limpieza y el mantenimiento del mobiliario de la estación no están incluidos. Los niveles 4 y 5 podrían subcontratar con subcontratistas locales o proveedores de equipos.

Se considera para este PMP que los cinco niveles están cubiertos por la entidad única de mantenimiento.

2.5.2. Organización del mantenimiento

Se propone una organización estándar y que corresponde con lo definido para la PLMB cuales ha sido propuesta de acuerdo a los estándares que se consideran en los proyectos recientes de envergadura similar. Sin embargo, no es una regla absoluta, especialmente porque ha habido durante los últimos años una diversificación por parte de:

- Los constructores generalistas (SIEMENS, ALSTOM, etc.);
- Los operadores/mantenedores (Metro de Santiago / Benito Roggio transportes / Keolis / Transdev / RATP Dev, etc.);
- o las empresas de asesoría e ingeniería ferroviaria;

quienes diversifican sus actividades y desarrollan las actividades de mantenedores de sistemas de metro. Además de constituir una nueva y real concurrencia, estos actores son competentes y tienen mucha experiencia.

Siempre volviendo a la idea inicial de compartir los recursos, la mejor solución pasa por tener un único mantenedor para reducir los costes, pasando por un mantenimiento directamente interno, o por una delegación de servicio a una empresa subcontratada.

Sin embargo, una organización mixta también puede ser considerada, apoyándose en las estructuras ya existentes en Bogotá.

Es necesario llevar a cabo una reflexión más pormenorizada, especialmente con el desarrollo del proyecto.

Se propone una organización estándar sujeta a evoluciones a través de reflexiones y futuras estrategias de Metro de Bogotá.

La organización de mantenimiento propuesta reposa sobre los tres principios siguientes:

- 1. Una organización por sistemas;**
- 2. Una organización por nivel de mantenimiento preventivo y correctivo;**
- 3. Una subcontratación especializada por sistema y por nivel de mantenimiento:**
 - Mantenimiento preventivo y correctivo de niveles 1, 2 y 3 es asegurado por el operador de Bogotá;
 - Mantenimiento preventivo y correctivo de niveles 4 - 5 es asegurado por los proveedores de los sistemas.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Los contratos de subcontrataciones no son independientes de la política de licitación/negociación del proyecto. La idea es que el proveedor de un Grupo dado asegure también el mantenimiento de los sistemas diversos y los equipos de este Grupo.

Sin tomar en cuenta la estrategia de licitación/negociación que se decidirá, la propuesta de organización del mantenimiento está basada únicamente en una descomposición clásica por tipo de sistemas o equipos. Esta descomposición está sujeta a modificaciones.

1. Grupo 1: Tren;
2. Grupo 2: CBTC, señalización (IXL informatizada), control y supervisión del tráfico (ATS), MMS;
2. Grupo 3: SCADA y sistemas de comunicación. Como estos sistemas son numerosos y variados en sus funciones, es más importante identificar entre ellos un integrador que será al mismo tiempo el responsable del mantenimiento de este conjunto. Se sugiere que el proveedor de la red multiservicio (MNS) sea integrador y al mismo tiempo el responsable del mantenimiento;
3. Grupo 4: Puertas de andenes. Mantenimiento subcontratado al proveedor;
4. Grupo 5: Billetaje;
5. Grupo 6: Vía y tercer riel el cual debería añadir los vehículos de trabajos. Mantenimiento asegurado por el proveedor de la vía;
6. Grupo 7: Energía;
7. Grupo 8: Equipos electromecánicos. Estos sistemas que son numerosos y variados en sus funciones, habrá que identificar entre ellos un integrador que será al mismo tiempo el responsable del mantenimiento de este conjunto. Se sugiere que el proveedor de las escaleras mecánicas sea este integrador y al mismo tiempo el responsable del mantenimiento;
8. Grupo 9: Equipos de talleres.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

La ilustración a continuación resume la presente propuesta:

Ilustración 4: Propuesta de organización del mantenimiento



Cabe indicar que la propuesta final de organización del mantenimiento para la extensión de la PLMB-Tramo 1 deberá tomar en cuenta lo definido para la PLMB y las exigencias presentes en los documentos *Apéndice Técnico 10 - Especificaciones Técnicas de Operación y Mantenimiento* y *Apéndice Técnico 11 – Indicadores de Operación y Mantenimiento* 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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

2.6. PLANES PRELIMINARES DE MANTENIMIENTO POR DISCIPLINA

Los planes de mantenimiento preliminares más comunes se refieren a los siguientes equipos o sistemas:

- Equipo de suministro de energía,
- Puertas de andén (PDAP),
- Equipamiento industrial / instalaciones de Patio Taller,
- Servicios de mecánica, electricidad y fontanería (MEP):
 - Sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado,
 - Fontanería, sistema de riego y drenaje,
 - Sistema de control de la automatización del edificio, activos del edificio y plan de mantenimiento de la fontanería,
 - Escaleras mecánicas,
 - Ascensores.
- Apertura y cierre de puertas,
- Sistema SCADA,
- Sistema de Control y Supervisión,
- Telecomunicaciones:
 - Red multiservicio,
 - Sistemas telefónicos,
 - CCTV,
 - Sistema de Información de Pasajeros (SIP),
 - Sistema de Anuncios al Pasajeros (SAP),
 - Dirección pública (PA),
 - Sistema de distribución del tiempo...
 - Sistema de Control de acceso y Alarma,
 - CCO,
 - Sistema de alarma de viento,
 - Sistema de radio.
- Sistema de peaje/Control de Acceso,
- Obras y estructuras civiles.

A título de información, se presentan en el Apéndice 3 del presente documento, los planes de mantenimiento por sistema propuesto en el marco del proyecto de la PLMB.

2.6.1. Principios

El plan de mantenimiento preliminar utiliza las mejores prácticas tecnológicas y técnicas del sector. Se desarrolla para ofrecer tanto la disponibilidad del servicio como la satisfacción del cliente de forma sólida y rentable.

Los planes preliminares de mantenimiento se basan en las bases de datos Systra de diferentes proyectos. Además, se considerará lo definido para la PLMB y las exigencias presentes en el documento *Apéndice Técnico 10 - Especificaciones Técnicas de Operación y Mantenimiento* y *Apéndice Técnico 11 – Indicadores de Operación y Mantenimiento* 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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

La prestación de mantenimiento se basa en evaluaciones RAM de los distintos activos para garantizar que la cantidad y la naturaleza de las intervenciones de mantenimiento se optimicen y sean rentables.

La estrategia de mantenimiento preventivo se establece para alcanzar los objetivos de confiabilidad y disponibilidad del servicio definidos en las especificaciones de operación y mantenimiento de cada sistema y tipo de equipo. Las tareas de mantenimiento preventivo se planifican y ejecutan de acuerdo con las recomendaciones de los proveedores de equipos y también tienen en cuenta las normas y obligaciones de seguridad y medio ambiente.

La propuesta de plan de mantenimiento preliminar se basa en tres principios clave:

- Logro de los niveles de confiabilidad, disponibilidad y calidad del servicio esperados por el cliente,
- Enfoque holístico y de toda la vida para el diseño, la implementación, el funcionamiento y el mantenimiento de equipos y sistemas,
- Rentabilidad.

Las actividades de mantenimiento deben planificarse detalladamente como resultado de un trabajo extenso y de colaboración entre los diseñadores y los operadores durante la fase de movilización, garantizando que se maximicen los beneficios del trabajo de RAM. Este enfoque permite que los planes se centren en la prestación de la disponibilidad del servicio, no sólo en la medida de los términos de salidas planificadas y operadas requeridas según las especificaciones de Operación & Mantenimiento (O&M), sino también en un sentido más amplio relacionado con la funcionalidad completa, o confiabilidad, del sistema de transporte, incluyendo la disponibilidad de todos los activos (material rodante, ascensores, escaleras mecánicas y AFC...).

2.6.2. Enfoque en los cinco niveles de mantenimiento e intercambiabilidad

En cuanto al enfoque de los cinco niveles y la intercambiabilidad de las unidades de mantenimiento para construir el plan de mantenimiento preliminar se utilizan dos supuestos fundamentales:

- Sistemas y subsistemas se han realizado en las reglas del arte para garantizar componentes fiables, mantenibles y con el coste adecuado,
- Todos los sistemas y subsistemas permiten la monitorización a distancia, el diagnóstico y los elementos remotos para la identificación de posibles defectos y fallos que puedan crear una indisponibilidad del equipo; de este modo, las operaciones de intervención pueden planificarse a tiempo con un mínimo de interrupción.

2.6.3 Planes preliminares de mantenimiento por disciplina

El plan de mantenimiento preliminar por disciplina de la extensión de la PLMB-Tramo 1 prevé la revisión y validación de los planes preliminares de mantenimiento por disciplina definidos para el proyecto de la PLMB apoyándose en los documentos presentados en la sección 3 de levantamiento de información. Dicha actividad se presenta en la sección 4 del presente documento.

La finalidad de esta revisión del PMP es garantizar el seguimiento al cumplimiento de los objetivos RAMS de cada subsistema de acuerdo con lo establecido en el *Apéndice Técnico 10 - Especificaciones Técnicas de Operación y Mantenimiento* y *Apéndice Técnico 11 – Indicadores de Operación y Mantenimiento* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019.

3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

El documento *ETPLMB_ET00-L01-IFU-P-0003 – Plan de Mantenimiento Preliminar (PMP)* de la PLMB realizado en 2017/2018 buscaba aclarar las grandes temáticas del mantenimiento de un metro automático. En este sentido, más allá de la evaluación comparativa (benchmarking) realizada para dar una visión global del mantenimiento de diferentes sistemas de transporte en el mundo, este documento se enfocaba en:

- Presentar los diferentes tipos de mantenimiento,
- Presentar los diferentes niveles de mantenimiento, especialmente en lo relacionado a la creciente complejidad de las tareas de mantenimiento según cada nivel.
- Presentar los principales planes de mantenimiento por disciplina. Cabe indicar que la adición de la extensión no necesariamente implica una reevaluación de los planes de mantenimiento por sistema como descrito a continuación del presente documento.
- Identificar los criterios para definir y elegir una estrategia de mantenimiento adecuada.
- Realizar una propuesta de organización del mantenimiento.

Cabe recordar que dicho PMP se desarrolló sin considerar la realización de la L2MB. Como la L2MB y la extensión de la PLMB-Tramo 1 son proyectos que se realizan en paralelo puede llegar a cambiar el enfoque general del mantenimiento, ya que se pueden encontrar sinergias entre ambos proyectos para reducir algunos costos. Dichas sinergias permiten reevaluar las oportunidades de inversiones en equipos de mantenimiento complejos y costosos.

Además, cabe agregar que se constata desde entonces, una maduración de las soluciones para la digitalización del mantenimiento, el mantenimiento guiado por los datos (o Data Driven Maintenance en inglés). De hecho, aunque en 2017/2018 estas soluciones parecían tener mucho potencial, no se consideraba como un servicio comprobado. Numerosos proyectos ambiciosos y estructurantes, en particular el proyecto Grand Paris Express (4 líneas de metro UTO, 200 km, enteramente digitalizadas), han permitido finalmente poner en manifiesto soluciones maduras propuestas por fabricantes de renombre. Con la madurez de estas soluciones, los precios también se han vuelto ventajosos, más accesibles y con un retorno de la inversión que ahora aparece más relevante y viable.

Para ser coherentes con el desarrollo de la L2MB, se propone desarrollar el presente PMP con las sugerencias realizadas para la L2MB. La idea es tener una estrategia global orientada definitivamente al mantenimiento digital, y poder aprovechar las formas de optimizar las inversiones y los costos de mantenimiento a través de las sinergias que se puedan conseguir entre ambas líneas.

Es necesario complementar el PMP de la PLMB con los aportes del mantenimiento conectado y del mantenimiento basado en la fiabilidad como enfoque del mantenimiento predictivo. También se complementará con el interés de contar con una solución completa de MMIS, e idealmente compartida con la L2MB, ya que los datos se vuelven fundamentales, tanto en su adquisición, como en su procesamiento y en las interpretaciones se debe poder hacer y extrapolar.

El levantamiento de la información relacionada al mantenimiento de la PLMB y , por lo tanto, de su extensión destaca los dos siguientes documentos:

- *ETPLMB_ET00-L01-IFU-P-0003 – Plan de Mantenimiento Preliminar (PMP) de la PLMB,*
- *Apéndice Técnico 10 - Especificaciones Técnicas de Operación y Mantenimiento 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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

De acuerdo en la documentación a disposición, del levantamiento de información surgen los siguientes comentarios:

En el *Apéndice Técnico 10 - Especificaciones Técnicas de Operación y Mantenimiento*, no se entiende el nivel de uso del mantenimiento basado en la condición y en el mantenimiento predictivo. De hecho, la estrategia solicitada para el concesionario de mantenimiento no parece estar orientada al uso de la digitalización del mantenimiento. Tampoco, se indican las obligaciones del concesionario en la fase de diseño del proyecto en lo relacionado a los ambiciosos estudios de apoyo logístico integrado desde los primeros días de la fase de diseño; una muy buena preparación en la fase de proyecto es la única garantía de cumplimiento de los indicadores de desempeño de la futura entidad de mantenimiento. Representa la única manera de garantizar la disponibilidad operativa del sistema de transporte y la seguridad general de los equipos y las personas.

No se entiende tampoco cual será la proporción de uso de la digitalización y el tratamiento de los datos que se pueden recuperar de los supervisores de cada sistema, permitiendo finalmente un paradigma de prevención en lugar de la reacción, y aspirando así a un nivel de rendimiento muy alto.

No se logra identificar tampoco cual será el recurso por parte de la ingeniería de mantenimiento del concesionario a la doctrina de RCM (Reliability Centered Maintenance), o mantenimiento basado en la confiabilidad. Cabe indicar que es una absoluta necesidad analizar los datos para prever mejor las evoluciones de la degradación de los activos, y así, tener una postura proactiva.

Se considera que el concesionario carece de especificaciones de gestión de activos, en particular en lo que se refiere a las obligaciones de seguimiento del estado de los activos cada año o cada dos años, así como a las obligaciones de devolución de los activos al final de la concesión. Es importante definir el proceso de vigilancia del estado de los activos a lo largo de la vida del sistema de transporte, con el fin de identificar las leyes de deterioro de los activos y planificar las necesidades de inversión a mediano y largo plazo. Esto es especialmente importante, ya que los fallos de mantenimiento a largo plazo reducirán aún más la vida útil de los activos, requiriendo inversiones mucho antes de lo necesario.

También es necesario para completar este requisito de auditoría del estado de los activos, enfrentar las investigaciones realizadas por el concesionario con auditorías independientes para confrontar las conclusiones del mismo, y tener una visión real crítica y argumentada del estado de la red.

La estrategia de externalización parece coherente y pertinente (contrato de 20 años), aunque no se cuenta con una visión clara de las exigencias del concesionario en cuanto al control de los riesgos de salud y seguridad, así como de los índices de calidad y rendimiento de la actividad del mantenedor.

En cuanto a la función de ingeniería de mantenimiento, no se mencionan los requisitos y sería conveniente incluir aquellos asociados a la capacidad de controlar el nivel de seguridad de los activos críticos y, de forma más general, al alto nivel de exigencia de actualizar continuamente los repuestos, planes y programas de mantenimiento, basándose en la retroalimentación de la experiencia.

4. ANÁLISIS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS DEFINITIVOS

4.1 AJUSTES AL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS

Las temáticas por abordar en esta sección deben permitir definir:

- Alcance del mantenimiento adicional generado por la extensión de la PLMB-Tramo 1.
- Posibles ajustes a los requisitos de mantenimiento para cada uno de los sistemas y componentes, definiendo tareas, ciclos, periodicidad, entre otros.
- Posibles ajustes al Mantenimiento de software y firmware (software).
- Posibles ajustes a la Gestión de los sistemas de información.

4.1.1 Alcance adicional generado por la extensión

Dado que el proyecto de extensión no aumenta significativamente la longitud de la línea y, por lo tanto, el número de activos que se deben mantener, no existe un impacto importante en la descripción del PMP puesto que el tipo de material rodante será el mismo y la estructura de la infraestructura también sigue idéntica (viaducto).

Por lo tanto, es necesario que el concesionario compruebe que los recursos de mantenimiento que se estén definiendo actualmente respondan a las necesidades de la extensión de la PLMB-Tramo 1 adaptando su cantidad si es necesario.

Cabe señalar que la contribución de la digitalización y las posibles sinergias gracias a la L2MB pueden modificar la estrategia actualmente definida para la PLMB sin extensión.

No obstante, e intrínsecamente, la extensión de la PLMB-Tramo 1 no pone en duda la estrategia, la política de mantenimiento y los programas de los sistemas presentados en el documento *ETPLMB_ET00-L01-IFU-P-0003_RC – Plan de Mantenimiento Preliminar (PMP) de la PLMB*. Sin embargo, la contribución de la digitalización debería permitir cuestionar la organización general del mantenimiento de la "red Bogotá" y permitir ahorros, garantizando también un mejor manejo de los riesgos y aumentar la disponibilidad global.

4.1.2 Ajustes a los requisitos de mantenimiento para cada uno de los sistemas y componentes

Se considera que los requisitos de mantenimiento para cada uno de los sistemas y componentes se siguen aplicando tal como han sido propuesto en el documento *ETPLMB_ET00-L01-IFU-P-0003_RC – Plan de Mantenimiento Preliminar (PMP) de la PLMB* para la extensión de la PLMB-Tramo 1. Esto es especialmente cierto teniendo en cuenta las recomendaciones propuestas para tareas, ciclos y periodicidades. No obstante, se recomienda completarse para tener un enfoque global que busque sinergias con la L2MB, en lo que respecta a las soluciones de MMS, de infraestructura y de inspección del material rodante, así como a las soluciones de mantenimiento compartidos (depósito y trenes de mantenimiento). Estos puntos se presentarán en la sección 4.2.

El concesionario debe demostrar que su organización y dimensionamiento de estos equipos técnicos y de ingeniería es compatible con las necesidades adicionales debidas a la extensión. Por experiencia, una extensión de $\pm 12,5\%$ de la línea no necesita aumentar el tamaño de la ingeniería de mantenimiento, sin embargo, necesita aumentar de 10 % el tamaño de los equipos de técnicos de mantenimiento.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

El aumento de la cantidad de trenes indicada en la sección 4.2.3 del presente documento requiere aumentar la cantidad de trenes en mantenimiento (de 3 a 4), y así, necesitar una adaptación de las vías de mantenimiento dentro del taller como propuesto en el documento *EPLMB-ELM-E5-POP-0001 - Plan de Operación Preliminar* del presente contrato. Esto necesita ser analizado y justificado por el concesionario una vez las cantidades finales acordadas.

Es recomendable aprovechar la oportunidad dada por la extensión para digitalizar el mantenimiento si este aspecto no ha sido implementado aún por el concesionario. Es importante integrar los requisitos del mantenimiento integrado desde la fase del proyecto de construcción, pero también la actuación del futuro mantenedor, para disponer de un sistema de mantenimiento basado en la retroalimentación de la información (objetos conectados y sensores inteligentes), el tratamiento de esta información (a través del MMS), y dotar al departamento de ingeniería de mantenimiento de todas las herramientas que necesita para plantear dudas a tiempo en caso de sospecha de futuras averías para permitir modificar los programas de mantenimiento gracias al análisis de los datos del retorno de experiencia.

Por lo tanto, en función de los hitos del proyecto y de la posibilidad de realizar cambios, es aconsejable integrar en la medida de lo posible el seguimiento y la supervisión del material rodante y de la infraestructura mediante objetos conectados.

Uno de los principales ajustes está relacionado con el IoT (Internet of Things). Se trata, en definitiva, del conjunto de objetos conectados, o sensores inteligentes, capaces de recoger datos explotables lo más cerca posible de los activos a vigilar, con el fin de generar oportunidades de análisis y tratamiento automatizado, para ganar en proactividad. La idea es integrar estas herramientas de supervisión desde la fase de diseño para alimentar las herramientas de diagnóstico y el apoyo a la decisión de la ingeniería de mantenimiento. Esto es particularmente posible para el propio material rodante, pero también para la infraestructura.

También se sugiere aprovechar la oportunidad de adquirir un único vagón de seguimiento de la infraestructura y de la vía, compartido entre la PLMB y la L2MB, que permita un fácil traslado de una a otra por carretera. Al compartir estas inversiones entre ambas líneas, se adquiere una herramienta de alto rendimiento y se rentabiliza para toda la red.

Finalmente, se recomienda el despliegue de sensores instalados en una posición fija en la línea y capaces de supervisar todos los trenes (discos y pastillas de freno, perfil de las ruedas, desgaste de los 3 carriles, etc.).

4.1.3 Posibles ajustes al Mantenimiento de software y firmware (software) + Gestión de los sistemas de información

La extensión de la PLMB-Tramo 1 no pone en duda lo definido en el *Apéndice Técnico 10 - Especificaciones Técnicas de Operación y Mantenimiento* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019, particularmente la necesidad de contar con soluciones informáticas constantemente actualizadas y compatibles entre sí.

La ingeniería de mantenimiento debe garantizar la gestión de la obsolescencia y debe crear un observatorio de aquella capaz de identificar y clasificar los riesgos de obsolescencia a 1, 2 y 5 años.

4.2 AJUSTES A LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Las temáticas por abordar en esta sección deben permitir definir:

- Ajustes a la Estrategia de mantenimiento
- Organización de mantenimiento del operador
- Organización de mantenimiento de los subcontratistas
- Organización por sistemas
- Organización por nivel de mantenimiento
- Sugerencia para la duración de los contratos de mantenimiento
- Sistema de Gestión de Mantenimiento (MMS), considerando la extensión de la línea.

4.2.1 Ajustes a la Estrategia de mantenimiento

Se considera una verdadera oportunidad de crear sinergias entre la PLMB y la L2MB considerando que la fase de diseño/construcción acaba de empezar en la PLMB. Esto es aún más cierto con las soluciones maduras que el mercado puede ofrecer ahora en torno a la digitalización del mantenimiento y el mantenimiento basado en datos.

Los ajustes que se recomiendan se refieren a o deberían permitir a:

- Garantizar que el concesionario, durante la fase de diseño de detalle, integre el mantenimiento desde dicha fase (en particular, las recomendaciones y el estado del arte del apoyo logístico integrado).
- Integración de los IOT para capturar datos lo más cerca posible de los activos.
- El despliegue de una organización de mantenimiento capaz de analizar y procesar los datos, para pasar de una estrategia de mantenimiento preventivo sistemático a un mantenimiento preventivo condicional y un mantenimiento predictivo. Se recomienda que los activos no críticos para la seguridad sean objeto de un seguimiento exhaustivo para eliminar las operaciones de inspección visual.
- Usar herramientas de seguimiento pesadas y compartidas con la L2MB, en particular un vagón de inspección y seguimiento. También aplica para la solución de esmerilado de carriles y supervisión por ultrasonidos.
- Algunas operaciones pesadas de mantenimiento de nivel 4 del material rodante pueden compartirse en el mismo depósito para las líneas 1 y 2, con el fin de rentabilizar las inversiones y garantizar un índice de utilización cercano a 1. Así, puede haber oportunidades, por efecto del volumen, de internalizar las operaciones in situ que podrían requerir medios logísticos pesados para enviar trenes o subsistemas a fabricantes o centros industriales distantes.
- Implantar una estrategia de gestión de activos basada en los prerrequisitos de la norma ISO 55001, que permita una reducción significativa de los OPEX manteniendo un alto nivel de calidad. Esto se basará en un equilibrio permanente entre riesgos y oportunidades para seguir manteniendo los activos envejecidos y planificar las inversiones al mejor momento. La norma destaca en particular las herramientas de modelización del coste del ciclo de vida para la optimización de los costes, la gestión de las piezas de recambio para limitar el riesgo de interrupción del suministro y una ambiciosa estrategia de gestión de la obsolescencia para garantizar una predicción precisa y el despliegue de planes de acción correctivos.
- Reposicionar todo el historial de mantenimiento de las líneas 1 y 2 en torno a una única herramienta de gestión del mantenimiento. Para conseguirlo, se recomienda que el MMS integre los últimos módulos de gestión y sea designado como solución de gestión de activos mejorada (*Enhanced Asset Management*)

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Solution es el apellido marketing común de esas soluciones IT). La descripción del MMS se presenta en el anexo de este documento.

4.2.2 Organización de mantenimiento desde la fase de diseño y desplegada por la ingeniería de mantenimiento:

Es importante que el fabricante anticipe para que el futuro mantenedor disponga de datos de análisis y que despliegue todos los métodos analíticos que le permitan conocer mejor estos bienes y controlar su envejecimiento y las consecuencias sobre el funcionamiento del sistema de transporte.

A menudo, los conocimientos del personal, la normativa vigente y la documentación de los fabricantes son insuficientes para establecer normas, procedimientos y modos de funcionamiento. Los estudios analíticos serán muy relevantes y tendrán que ser implementados desde la fase de pruebas por el constructor y después por el mantenedor, utilizando métodos como los siguientes:

- FMECA (Análisis Modal de Fallos y Efectos y Análisis de la Criticidad), véase la norma EN ISO/IEC 17020: 200503 (X50-064), según la cual se pela la instalación en diferentes elementos y se asigna una puntuación por elemento en función de los criterios de inspección,
- RBM (Risk Based Maintenance, o gestión basada en el riesgo),
- RCM (Reliability Centered Maintenance o Mantenimiento basado en la confiabilidad),
- Definición de equipos críticos,
- Apoyo del mantenimiento predictivo,
- Análisis de los costes del ciclo de vida (LCC Life Cycle Cost)...

Los estudios de métodos analíticos permitirán:

- Estar más en modo de gestión predictiva y menos en respuesta a avería,
- Garantizar la sostenibilidad de los equipos y sistemas (no reemplazar equipos aun aptos al servicio),
- Garantizar la seguridad de los clientes, los empleados y el equipo,
- Garantizar la disponibilidad de los equipos o sistemas,
- Ajustar el mantenimiento preventivo definido para cada equipo o sistema (lo que se realiza es sólo lo necesario: ni menos, ni más),
- Reducir los costes de mantenimiento evitando operaciones de mantenimiento innecesarias.

4.2.3 Organización de mantenimiento

El análisis de ajuste a la organización del mantenimiento considera:

- Organización de mantenimiento del operador,
- Organización de mantenimiento de los subcontratistas,
- Organización por sistemas,
- Organización por nivel de mantenimiento.

Dicho análisis considera que no existe impacto en la organización, ya que la extensión es lo suficientemente limitada en relación con el proyecto inicial como para no cuestionar la organización general, especialmente en lo que se refiere a la estrategia de externalización y contratación con el concesionario, que se encarga del mantenimiento.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

La organización por sistemas tampoco se ve afectada, excepto por los temas anteriormente expuestos relacionados a la digitalización del mantenimiento y las sinergias con la L2MB como oportunidades reales para reducir los costes de mantenimiento al tiempo que se aumenta el rendimiento de la disponibilidad operativa.

Basándonos en nuestra experiencia, creemos que la estructura de la organización de la ingeniería de mantenimiento no se verá afectada. Por otra parte, la organización de técnicos y operarios deberá incrementarse de 10 hasta 50% de la plantilla para cubrir las nuevas necesidades; cifra que deberá afinarse, en particular, en función de la estación de interconexión con la L2MB, que puede requerir una mayor carga de trabajo que las estaciones del resto de la línea (extensión incluida).

Se propone indicar la evolución de la organización inducida por la ampliación, y particularmente los impactos inducidos por los cambios de explotación:

- En el PMP inicial, se consideró una explotación con 23 trenes (intervalo de 180s). El nuevo intervalo va a aumentar la flota a 49 trenes (intervalo de 100s por lo que se duplica la cantidad de trenes) según documento *EPLMB-ELM-E5-POP-0001 - Plan de Operación Preliminar* del presente contrato.
- La cantidad de trenes*km definida en la sección 4.2.4.5 del documento *EPLMB-ELM-E5-POP-0001 - Plan de Operación Preliminar* del presente contrato.
- La ampliación de la línea de cerca de alrededor de 3,455 km lo que genera 14,55 % de infraestructuras agregadas,
- La cantidad de estaciones pasa de 16 a 19 (18,75 % de estaciones agregadas)
- La cantidad de subestaciones de alimentación eléctrica pasa de 8 a 10, cerca de 25 % sistemas agregados.

En complemento y para mayor claridad del presente documento, se presentan los Apéndices 3 y 4, extractos del PMP de la PLMB sin extensión sobre:

- El mantenimiento de los sistemas, presentando las principales tareas por realizar y el alcance de mantenimiento
- La propuesta de organización inicial del mantenimiento, con el descriptivo completo de la organización.

Considerando los criterios anteriores, se propone actualizar las plantillas presentadas en dichos Apéndices de la siguiente manera de acuerdo al retorno de experiencia del Consultor y considerando la cantidad de trenes por mantener (niveles a 5 de mantenimiento) definida en el documento *EPLMB-ELM-E5-POP-0001 - Plan de Operación Preliminar* del presente contrato.

4.2.3.1 Material Rodante

Tarea	Total PLMB	Total PLMBX
Grupo 1 y gerente del mantenimiento del tren	1	2
Equipo de Inspección (preventivo) 8 personas en 3 turnos	32	66
Equipo de Mantenimiento Correctivo	4	10
TOTAL	37	78

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

4.2.3.2 Sistemas CBTC y Señalización

Tarea	Total PLMB	Total PLMBX
Responsable del mantenimiento sistemas	1	1
Mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas CBTC y Señalización	10	12
TOTAL	11	13

4.2.3.3 Sistemas SCADA y Comunicaciones

Tarea	Total PLMB	Total PLMBX
Responsable del mantenimiento del Grupo	1	1
Mantenimiento preventivo y correctivo del SCADA	4	6
Mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de comunicación	6	8
Planificación y apoyo logístico	1	1
Gestión de los repuestos	1	1
TOTAL	13	17

4.2.3.4 Puertas de andén

Tarea	Total PLMB	Total PLMBX
Responsable del mantenimiento del Grupo	1	1
Mantenimiento preventivo y correctivo 3 personas 3 turnos	10	12
Planificación y apoyo logístico	1	1
Gestión de los repuestos	1	1
TOTAL	13	15

4.2.3.5 Biletaje

Tarea	Total PLMB	Total PLMBX
Responsable del mantenimiento del Grupo	1	1
Mantenimiento preventivo y correctivo	7	8
Planificación y apoyo logístico	1	1
Gestión de los repuestos	1	1
TOTAL	10	11

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

4.2.3.6 Vía, Tercer Riel y Vehículos de trabajo

Tarea	Total PLMB	Total PLMBX
Responsable del mantenimiento del Grupo	1	1
Responsable inspección, medidas y mantenimiento	1	1
Línea: Inspección vía y tercer riel, mantenimiento	2	3
Taller: Inspección vía y tercer riel, mantenimiento	2	2
Medidas de vía y apoyo	2	3
Mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos de trabajo	2	3
Planificación y apoyo logístico	1	1
Gestión de los repuestos	1	1
TOTAL	12	15

4.2.3.7 Energía

Tarea	Total PLMB	Total PLMBX
Responsable del mantenimiento del Grupo	1	1
Responsable del mantenimiento	1	1
Inspección y mantenimiento preventivo y correctivo	12	15
Planificación y apoyo logístico	1	1
Gestión de los repuestos	1	1
TOTAL	16	19

4.2.3.8 Sistemas E&M

Tarea	Total PLMB	Total PLMBX
Responsable del mantenimiento del Grupo	1	1
Responsable del mantenimiento	1	1
Inspección y mantenimiento preventivo y correctivo	4	6
Planificación y apoyo logístico	1	1
Gestión de los repuestos	1	1
TOTAL	8	10

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

4.2.3.9 Equipos de taller

Tarea	Total PLMB	Total PLMBX
Ingeniero responsable del mantenimiento	1	1
Mantenimiento preventivo y correctivo en turno 2x8	3	3
TOTAL	4	4

4.2.4. Sugerencia para la duración de los contratos de mantenimiento

Los contratos de mantenimiento como descritos en el *Apéndice Técnico 10 - Especificaciones Técnicas de Operación y Mantenimiento* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019 suelen ser coherentes con las prácticas habituales en concesiones de este tipo, es decir:

Grupo	Duración del contrato de externalización para PLMB	Duración del contrato de externalización para PLMBX
1	20 años reconducible para el tren	20 años reconducible para el tren
2	8 años	8 años
3	8 años	8 años
4	8 años	8 años
5	5 años	5 años
6	5 años	5 años
7	5 años	5 años
8	5 años	5 años
9	8 años	8 años

Es importante garantizar que la duración de los contratos alcance una retrocesión de activos en estado nominal de funcionamiento. Es particularmente cierto con sistemas que necesitan una revisión larga de media vida útil y que debe ser cumplido antes de la retrocesión. Los términos de 20 años, integrando por sí solo el material rodante como grande fuente de inversión en términos de grandes revisiones, nos parecen cubrir este requerimiento.

Otros equipos con vida útil menor serán también reemplazados, como la radio del CBTC que será reemplazado cada 10 años. Para los equipos que necesiten reemplazo alrededor de los 12 o 15 años, también serán reemplazados.

Cabe destacar la necesidad de garantizar que, al momento de la retrocesión, el concesionario tenga la obligación de proveer un sistema sin revisiones mayores (nivel 4 o 5) dentro de los 2 años después de dicha retrocesión.

Finalmente, cabe volver a indicar como hecho previamente que durante una concesión 20 años se requiere contar una transparencia total acerca del estado de los activos, con auditorías independientes para calibrar el estado real de envejecimiento de los activos, y así poder identificar las inversiones necesarias, y poder pilotar el contrato del concesionario y los índices de desempeño del mantenedor.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

4.2.5 Sistema de Gestión de Mantenimiento (MMS), considerando la extensión de la línea

Se recomienda encarecidamente que el MMS sea compartido entre ambas líneas (PLMB con su extensión y L2MB), de manera que la información sea totalmente compartida entre los operadores/mantenedores y Empresa Metro de Bogotá. El MMS debe permitir, en particular, la edición de indicadores de rendimiento del mantenimiento, especialmente en lo relacionado a la calidad de la respuesta a las solicitudes de trabajo tras las averías, así como los objetivos de cumplimiento de los planes y programas de mantenimiento.

En particular, el MMS debe servir como base de datos de todo el historial de la red, y así poder utilizar la retroalimentación asociada para mejora continua de los procedimientos de mantenimiento.

El MMS puede ser una inversión común para ambas líneas, al tiempo que se establece la solución para que cada línea siga siendo independiente, especialmente si los concesionarios son empresas diferentes.

Para completar las principales funciones que se esperan del MMS, se presenta un capítulo dedicado en el apéndice 4 de este documento.

4.2.6 Enfoque específico en RCM y Asset Management

4.2.6.1 RCM: Mantenimiento basado en la confiabilidad

Parece interesante añadir algunos puntos relativos al RCM y a la Gestión de Activos en su conjunto, como forma real de optimizar la organización del mantenedor y aumentar el rendimiento operativo del sistema de transporte (mejor control de la disponibilidad operativa).

La metodología del Mantenimiento basado en la confiabilidad (Reliability Centred Maintenance como RCM) se utiliza cuando el sistema está estabilizado y se acumulan datos suficientes para realizar un análisis significativo. Proporciona elementos para lograr la optimización de los costes mediante la eliminación de las tareas de mantenimiento ineficaces y el aumento de la vida útil de los activos. Posteriormente, los costes del ciclo de vida pueden reducirse sin sacrificar el nivel de seguridad y la confiabilidad de los activos.

Un equipo multifuncional de ingenieros y gestores debería estar capacitado para llevar a cabo el análisis RCM puesto que es una muy buena oportunidad para desarrollar curvas de degradación de los activos, curvas que emanen de la realidad del terreno. La finalidad es disponer de modelos de degradación actualizados casi en tiempo real, y, por lo tanto, más relevantes para introducir el mantenimiento basado en la condición y el mantenimiento predictivo.

Es importante recordar que el mantenimiento predictivo, en el primer sentido de su definición, es todavía hoy una visión teórica, ya que la predicción a corto o mediano plazo, como hacen los servicios meteorológicos por ejemplo, es algo difícil de conseguir sin una base de datos proporcionada de acuerdo a la retroalimentación.

Sin embargo, es recomendable implementar estas posibilidades, captando los datos, almacenándolos y procesándolos, para finalmente poner en marcha primero el mantenimiento basado en la condición, y luego el mantenimiento predictivo una vez que los modelos de degradación se hayan estabilizado.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

El mantenimiento basado en la condición debe calibrarse de forma iterativa para determinar los puntos de ajuste pertinentes. La primera consigna relevante es el umbral de alerta, el valor de deriva de la ley de degradación, lo que obliga a los equipos de mantenimiento a salir a terreno para despejar dudas, y profundizar en el diagnóstico para tomar las decisiones pertinentes para adaptar los planes de vigilancia de los activos. El segundo punto de ajuste es el umbral de intervención, el umbral que requiere la intervención inmediata de los equipos de mantenimiento para diagnosticar y resolver los trastornos identificados.

Estos puntos de ajuste se calibrarán mediante la retroalimentación.

Una vez finalizada esta primera etapa y los umbrales de degradación estimados como fiables y maduros (umbral de alerta y umbral de intervención), y una vez definidas las curvas de degradación basadas en la experiencia y consideradas como representativas, será posible entonces aplicar el mantenimiento predictivo, ya que la curva de degradación será definitivamente conocida, controlada y reproducible con el fin de hacer un pronóstico definitivo de la aparición del fallo antes de que se produzca.

4.2.6.2 Asset Management

La gestión de activos (Asset Management), en el sentido de la norma ISO 55 001, es una disciplina emergente que pone en práctica muchas disciplinas ya conocidas: optimización de los costes del ciclo de vida, gestión de la obsolescencia, gestión de las piezas de recambio y optimización de los riesgos vinculados a las estrategias de abastecimiento o de almacenamiento in situ, RCM... Es, en definitiva, la recopilación de todas las herramientas que permiten al mantenedor extraer el máximo valor de todos los activos. Se trata, por tanto, de monetizar los riesgos, pero también las oportunidades y el rendimiento de los activos envejecidos para responder a la sencilla pregunta que se hacen los mantenedores y que se hará Empresa Metro de Bogotá: para cada activo envejecido, ¿se debe asumir el riesgo de seguir manteniéndolo a riesgo de ver aumentar los costes de mantenimiento y disminuir la disponibilidad y aumentar la exposición al riesgo? o se deben planificar las inversiones, y priorizarlas principalmente, en función de la exposición al riesgo de cada escenario.

La organización (es decir, la del concesionario), también puede verse obligada (de hecho, más bien alentada) a tener una organización y sus equipos alineadas con los paradigmas de la Gestión de Activos (Asset Management), y así aspirar a la certificación ISO 55 001. La ventaja en el mundo de la Gestión de Activos de Infraestructuras (IFRAMI o IAM) demuestra que la disponibilidad operativa se mantiene a muy buen nivel a pesar del envejecimiento de los activos, y ello, reduciendo los OPEX (costes de explotación) entre un 15 y un 30%. Esta oportunidad suele ser un paso necesario y muy deseable.

Si la certificación ISO 55001 no es la prioridad al inicio de la explotación/mantenimiento por parte del concesionario, sigue siendo esencial que el concesionario implemente un proceso de gestión de activos, a través de encuestas periódicas (cada 2 o 3 años) del estado de los activos (por muestreo estadístico pero representativo del estado de todos los activos). Estos estudios deben permitir identificar las curvas de deterioro o envejecimiento de los activos y elaborar, cuando sea necesario, planes de inversión plurianuales para los próximos cinco años, con el fin de controlar la disponibilidad y la seguridad del sistema de transporte y planificar así las inversiones. Esta es la base de la gestión de activos que debe aplicar al mínimo el concesionario.

4.3 GESTIÓN DE ACTIVOS – BIM

La metodología BIM es un método de normalización del uso de los datos que caracterizan los activos, desde la fase de diseño (especialmente en 3D), hasta el final de la vida útil del activo.

Los diversos temas mencionados anteriormente relacionados con la gestión de activos y la integración de datos como herramienta de apoyo al mantenimiento concuerdan de alguna manera con la aplicación BIM orientada al mantenimiento.

No obstante, cabe indicar que el mercado no está en absoluto maduro hoy en día en cuanto a la normalización BIM orientada al mantenimiento. Los proyectos tratan de crear este vínculo con la creación de gemelos digitales, una especie de representación virtual del estado de los activos, en tiempo real, en particular mediante la contribución de la IO (Objetos Conectados), y que permitirá aprovechar al máximo los datos disponibles.

Se está trabajando en todo el mundo, y en particular en Francia a través de los proyectos ministeriales franceses de I+D y el banco público de inversiones (BPI), para que la SNCF pueda estandarizar el BIM desde la fase de diseño hasta la de obras y construcción, pasando por la de explotación y mantenimiento. (proyecto Minerve : <https://www.sncf.com/fr/groupe/newsroom/laureats-ami-corifer>)

En cualquier caso, se recomienda adquirir la mayor cantidad de datos posible para poder procesarlos posteriormente y aprovechar la potencia actual de las soluciones MMS, que ya ofrecen interesantes funcionalidades en materia de gestión de activos.

La gestión de activos es una metodología que se encuentra definida por normativa, y nos parece interesante que la organización de mantenimiento del concesionario siga claramente estos requisitos. Para eso, la organización deberá demostrar estar alineado con los objetivos de gestión de activos basándose en la ISO 55 001. Podrá también requerir una certificación de capacidad de desplegar esa metodología.

La gestión de activos según esa normativa procura involucrar todos los participantes de la organización para llegar al mismo objetivo :

- Registro de los activos : conocer perfectamente cada activo y su condición en tiempo real
- A partir de esos datos, procurar constantemente el equilibrio entre los riesgos generados por los activos, las oportunidades así como el nivel de desempeño. Eso se maneja procurando desplegar herramientas como RCM (Reliability Centered Maintenance), LCC (Life Cycle Cost, plan de manejo de la obsolescencia, estrategia oportuna de gestión de repuestos), etc.

El objetivo final de gestión de activos es responder a la pregunta sibilina: para un equipo envejecido, la organización debe cambiarlo o mantenerlo aún en explotación pero con adaptaciones (mantenimiento preventivo alterado, aceptar más mantenimiento correctivo).

El concesionario debe entonces proponer una solución donde integra los datos desde la fase de construcción (As Built), seguir las evoluciones y reportar las diferentes condiciones proviniendo principalmente de las campanas de inspección o monitoreo remoto, siguiendo la metodología BIM.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Gracias a esas informaciones recogidas desde la fase de construcción, y siempre actualizadas, le metodología de gestión de activos (Asset Management en Inglés, según la normativa ISO 55 001), permitirá aprovechar esos datos para optimizar los costos de mantenimiento, y siempre garantizando la disponibilidad y la seguridad.

4.4 POSIBLES AJUSTES A LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO.

Se recomienda ajustar los indicadores de mantenimiento integrando estos objetivos de desempeño :

- Cantidad de tareas de mantenimiento preventivo realizadas / Cantidad de mantenimiento preventivo programado (para equipos no involucrados en la seguridad del sistema de transporte); retraso de 1 semana aceptado. Las tareas de mantenimiento preventivo programadas se incluyen en el MMIS: **Objetivo de 95%**.
- Cantidad de tareas de mantenimiento preventivo realizadas / Cantidad de mantenimiento preventivo programado (para elementos de seguridad); retraso de 3 días aceptado : **Objetivo de 100%**.
- Cierre² de órdenes de trabajo (en MMIS) : **Objetivo de 1 semana**.
- Ordenes de trabajo no cerradas más de 1 semana sin justificación o no aceptadas por Empresa Metro de Bogotá ; **Objetivo 0**.
- Tarea de mantenimiento condicional realizada /Tareas de mantenimiento condicional activadas cuando se supera un umbral de alerta (para elementos que no son de seguridad) ; Retraso de 2 días Aceptado **Objetivo de 95%**.
- Tarea de mantenimiento condicional realizada /Tareas de mantenimiento condicional activadas cuando se supera un umbral de alerta (para elementos de seguridad); retraso de 1 día Aceptado o menos según el límite de degradación admisible en términos de seguridad ; **Objetivo de 100%**.
- Indicadores de piezas de repuesto ; Alcanzar una Probabilidad de No Rotura de Stock ; **Objetivo de 95%**.
- Porcentaje de equipos con problemas de obsolescencia más de 2 años después del traspaso (final de la concesión) ; **Objetivo de 0%**.

² El cierre del orden se entiende con la alimentación en la GMAO (MMIS) de todos los datos útiles para poner en práctica la mejoría continua de la organización con el análisis del retorno de experiencia. El cierre debe garantizar el relleno de todos los campos útiles en la GMAO (MMIS) para esos análisis complementarios.

Cabe añadir que los indicadores RAMS definidos para cada subsistema están descritos en el Apéndice 4 de este documento, respondiendo al desempeño intrínseco de cada equipo. Estos indicadores de mantenimiento son complementares y no contradictorios con los de RAMS.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

5. CONCLUSIÓN

En conclusión, el aumento de la red de Bogotá deberían permitir, a través de la extensión de la PLMB-Tramo 1:

- ✓ Buscar oportunidades para poner a disposición de ambas líneas equipos pesados, complejos y caros que puedan utilizarse tanto en la PLMB como en la L2MB (por ejemplo, el coche de inspección de vías).
- ✓ Desarrollar una estrategia de mantenimiento orientada a la fiabilidad para avanzar hacia una estrategia de mantenimiento predictivo basada en la adquisición de datos por parte de los IoT coherente con los objetivos de rendimiento.
- ✓ Centralizar todos los datos en torno a un MMS centralizado, una inversión compartida para la PLMB y la L2MB.
- ✓ Garantizar que el mantenimiento se integra desde la fase de diseño de PLMB.
- ✓ Comprobar las necesidades adicionales vinculadas a la ampliación e integrarlas en el proyecto global de la PLMB (por ejemplo, una nueva línea de mantenimiento en el depósito).
- ✓ Aplicar una gestión de activos ambiciosa, idealmente siguiendo las recomendaciones de la norma ISO 55001.
- ✓ Adaptar los niveles de personal a las operaciones de mantenimiento adicionales asociadas a la ampliación. Sin embargo, es importante tener en cuenta el ahorro potencial de recursos que podría suponer la digitalización del mantenimiento, al reducir el número de inspecciones visuales sistemáticas.

APÉNDICE 1 : Apoyo Logístico Integrado desde la fase de diseño

Descripción general del Apoyo Logístico Integrado (ILS)

El mantenimiento en el ámbito ferroviario es el conjunto de operaciones que deben realizarse en los equipos/sistemas y sus componentes para garantizar un alto nivel de seguridad y prestaciones de funcionamiento. Para trabajar en condiciones óptimas de seguridad y eficacia, es necesario disponer de un sistema de apoyo, denominado Apoyo Logístico Integrado o ILS, coherente y reactivo en cada nivel de mantenimiento.

ILS consisten en un paquete de apoyo a un sistema tecnológico complejo en funcionamiento y en la aplicación de un conjunto de procesos y recursos (suministros, adquisición y gestión de repuestos, mantenimiento, herramientas, documentación, formación...).

El objetivo de ILS es garantizar la sostenibilidad del sistema de transporte.

ILS deben estar relacionadas con tres aspectos:

- Proporcionar apoyo y recomendaciones en la fase de diseño sobre la mantenibilidad de los equipos,
- proporcionar toda la información técnica y las recomendaciones del fabricante o del proveedor para todos los equipos a los futuros usuarios ; que se añadirán en la organización de mantenimiento antes de la puesta en marcha,
- disponer de todos los medios, documentación e instrucciones necesarias para mantener la disponibilidad de las instalaciones, en la fase de puesta en marcha.

Este sistema logístico integrado debe estar compuesto por varios elementos que pueden agruparse en tres categorías principales:

- Documentación / proceso, que incluye:
 - o el plan de mantenimiento,
 - o la documentación de mantenimiento,
 - o los equipos de apoyo a los recursos informáticos (mantenimiento del sistema de apoyo, Sistema de Gestión de Mantenimiento Informatizado o CMMS / CMMS, a distancia, EDMS (Electronic Document Management System) o Sistema de Gestión de Documentos Electrónicos, etc...),
 - o la gestión de la configuración (recursos informáticos, hardware y software necesarios para el mantenimiento, mantenimiento del software, capacidad de descarga, plataforma para el desarrollo...),
 - o el retorno de la experiencia (REX).
- Logística (aspectos organizativos), que incluye:
 - o los suministros y repuestos (reparables y consumibles),
 - o las herramientas (comunes, específicas, herramientas de diagnóstico, todos los medios de diagnóstico, herramientas de medición),
 - o los medios de prueba, los medios de calibración,
 - o el embalaje, la manipulación, el transporte y el almacenamiento que intervienen en la instalación y la gestión de las piezas de recambio,

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

- o la infraestructura (edificios y recursos asociados, como la energía, las vías de acceso, los refugios...) necesaria para operar y mantener el sistema y los vehículos de mantenimiento.
- RRHH / formación, que incluye:
 - o la formación y el equipo de formación,
 - o el personal de mantenimiento, que es el primer factor de coste de la explotación y el mantenimiento del sistema,
 - o la gestión de la matriz de competencias del personal técnico.

Estos elementos se resumen en el siguiente diagrama:

Ilustración 5: Elementos de apoyo logístico integrado



Estos elementos de apoyo deben ser:

- definidos y cuantificados en los estudios logísticos, tras la validación de la política de mantenimiento,
- implementado simultáneamente con el sistema principal de transporte,
- calificados y validados (entrega, puesta en marcha).

Apoyo a la vida útil del sistema desde el diseño hasta la puesta en marcha

ILS deben tenerse en cuenta desde las fases de especificación previas y deben supervisarse a lo largo de la puesta en marcha del sistema. ILS permanecerán más allá del final de la garantía. No sólo debe ayudar a cumplir los objetivos contractuales de coste de propiedad, sino que además debe integrar recursos y procedimientos de mejora del proceso a lo largo de la vida de los equipos o sistemas.

Definición del plan de mantenimiento

Para una gestión eficaz del mantenimiento se requiere una visión general a largo plazo de las operaciones de mantenimiento a realizar, con un plan de mantenimiento.

Debe tener en cuenta los siguientes datos:

- la estructura de árbol de averías del sistema o equipo,
- ubicación del equipo,
- tareas de mantenimiento (preventivo y correctivo),
- lugares de intervención.

Ayuda a tener una visión global, ya que debe contener las referencias a los procedimientos, las competencias del personal, las herramientas y los equipos de prueba, las cantidades de equipos instalados y las piezas de repuesto. Para garantizar la sostenibilidad de los equipos, se debe definir un plan de mantenimiento a largo plazo por tipos de equipos. El plan de mantenimiento a largo plazo debe tener en cuenta todo el ciclo de vida de cada tipo de equipo o sistema (5, 10, 20, 40... años por venir).

Debe permitir preparar:

- el tipo de inversiones a realizar,
- el importe de las inversiones,
- los horarios de las grandes indisponibilidades del equipo y del sistema,
- el presupuesto correspondiente.

El plan de mantenimiento del sistema de transporte debe definirse para realizar el mantenimiento durante varias décadas.

Documentación de mantenimiento

La documentación de mantenimiento será proporcionada por los proveedores de equipos y luego adaptada para el mantenimiento del sistema de transporte. Es escalable en función de los comentarios.

Debe incluir:

- manuales técnicos descriptivos de los equipos, en particular:
 - o el plan de mantenimiento
 - o los manuales de instrucciones,
 - o los planes de ejecución,
 - o las instrucciones de uso,
 - o los manuales de mantenimiento del fabricante,
 - o la cláusula de garantía del fabricante,
 - o las referencias de las piezas de recambio,
 - o la lista y los registros de herramientas específicas,
 - o los procedimientos de seguridad y la lista de equipos de seguridad...
- referencia de mantenimiento:
 - o los manuales técnicos de mantenimiento,
 - o los procedimientos y modos de funcionamiento,
 - o las especificaciones,
 - o los resultados de diversos estudios de métodos de análisis,

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

- o los informes,
- o los datos relativos a las herramientas de gestión informática disponibles (cuaderno informático y CMMS...)
- o los registros relacionados con el equipo ...
- la lista de piezas de repuesto y sus lugares de almacenamiento,
- documentos relacionados con la organización del mantenimiento,
- documentación de diseños, construcción, fabricación, pruebas, certificaciones y manuales de operación y mantenimiento,
- programa de capacitación (teórica y práctica) para personal del operador,
- manuales de capacitación.

La información técnica debe estar disponible para el personal de mantenimiento (gestores, técnicos, operarios...) en el momento y lugar adecuados. Para ello, se establecerá un proceso de gestión de documentos, que se seguirá y actualizará periódicamente según sea necesario. Debe permitir un fácil acceso a la información técnica y una fácil actualización.

Equipo de apoyo

Sistema de apoyo al mantenimiento

El sistema de mantenimiento de soporte entrega el estado del dispositivo en tiempo real a ICC y a los encargados del mantenimiento. Todas las alarmas se almacenan allí.

Debe proporcionar información sobre:

- las condiciones de las instalaciones y las alarmas de los equipos,
- detección de fallos y, en el caso del diagnóstico automático de fallos, debe proporcionar una mayor precisión,
- sistema de interfaz implicado cuando existe una avería general...

Nota: A cada vagón de material rodante se le adjuntará una información descriptiva para su gestión tanto en línea o en la zona de estacionamiento como durante los periodos de reparación en el taller. Esta descripción debe actualizarse en tiempo real y constituye una visión dinámica de cada vagón de material rodante y su estado.

Mantenimiento a distancia

Además de observar el sistema que ofrece el sistema de mantenimiento de soporte, el mantenimiento remoto permite que personal específico previamente definido actúe a distancia sobre algunos equipos (recuperación, conmutación por error, archivos de recuperación, etc.). Debe ser activado y/o controlado a través de dispositivos de telecomunicaciones.

Herramienta de interfaz de envío entre el centro de operaciones y el de mantenimiento

El mantenimiento formará parte de un proceso global que, en todas sus fases, debe ser proporcionado con un alto nivel de eficiencia.

Estos pasos serán:

- detección de discrepancias: las anomalías suelen ser detectadas por los usuarios; deben enviarse lo antes posible a un centro de tratamiento; además, algunos equipos podrán auto diagnosticarse,

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

- respuestas a las anomalías: las alarmas detectadas se dirigirán al personal correspondiente con el nivel de urgencia y detalle. En esta fase se requerirán las respuestas del equipo de mantenimiento, incluyendo los siguientes informes de progreso:
 - o la anomalía se tiene en cuenta,
 - o el defecto se está procesando,
 - o el fallo ha sido procesado.

Todos estos pasos deben ser organizados entre las diferentes partes interesadas que cooperan para garantizar la disponibilidad del sistema de transporte.

Se definirá una herramienta de envío entre la Operación y el centro de mantenimiento. También deberá permitir las ediciones en papel para el equipo de mantenimiento que se desplace in situ para la resolución de problemas. Si no es así, deberá proporcionar otro tipo de soporte de mantenimiento en tableta (por ejemplo, un terminal de mano).

Creación de un sistema informático de gestión del mantenimiento (MMS) adecuado

La base de cualquier sistema de mantenimiento es almacenar y gestionar los datos actuales e históricos de las instalaciones para todos los niveles de mantenimiento. Por ejemplo:

- configurar sistemas y equipos,
- mantenimiento correctivo y preventivo,
- todos los eventos relacionados con la vida útil del equipo (tiempo de inactividad, tiempo de funcionamiento en modo degradado, tipos de averías, diversas grabaciones del equipo, último cumplimiento de la normativa...),
- inventario de piezas de repuesto,
- gestión de diferentes permisos de seguridad,
- renovación de equipos.

Estos registros deben permitir tomar las decisiones adecuadas en el momento oportuno. Sólo son útiles y relevantes si son precisos y están actualizados. En general, estos datos se almacenarán en una MMS: una aplicación informática que gestionará una base de datos de todas las operaciones de mantenimiento de una organización. En el caso de un centro de mantenimiento, permitirá a los encargados y planificadores de mantenimiento reconocer fácilmente si el equipo o sistema requiere mantenimiento. También se utilizará para programar el mantenimiento, asignar personal a las tareas de mantenimiento, realizar análisis de costes...

Las ventajas de la MMS son:

- una mejor gestión y la reducción de costes (mano de obra, piezas de recambio),
- mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos,
- mejora de REX a través de la historia de las operaciones de mantenimiento,
- mejorar la planificación de las intervenciones preventivas,
- mejora de la relación preventiva/correctiva de cada equipo,
- mejorar la gestión de los inventarios (mejor control de la producción mediante inventarios),
- la trazabilidad de los equipos,
- apoyo a la decisión mediante la realización de indicadores más objetivos, especialmente para las decisiones de renovación de equipos.

Formación

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Las competencias técnicas del personal contribuyen de manera significativa a la calidad del mantenimiento. Para cumplir este objetivo, se debe definir formalmente las competencias necesarias. Podrían cambiar con el tiempo, en función de las actividades del personal.

Las competencias requeridas necesarias para las tareas asignadas deben compararse constantemente con las competencias efectivas para identificar la brecha entre lo que se necesita y las competencias efectivas; esto debería ayudar a identificar la formación necesaria.

El método de la "matriz de competencias" puede ayudar a controlar las competencias críticas y a identificar al personal técnico de referencia; además, también se utilizará en la gestión diaria del personal de mantenimiento. Debe revisarse anualmente y ayudar a la elaboración del plan de formación.

Los planes de formación deben definir:

- la lista de los cursos previstos,
- los requisitos previos para cada formación,
- módulos de formación y fechas de formación.

La formación suele incluir tres fases:

- la adquisición de conocimientos,
- mantenimiento y actualización de conocimientos,
- habilitación para los procedimientos relacionados con la seguridad ferroviaria.

El proceso de adquisición y control de las competencias adquiridas debe especificarse con la documentación educativa asociada, por ejemplo, operando en condiciones reales.

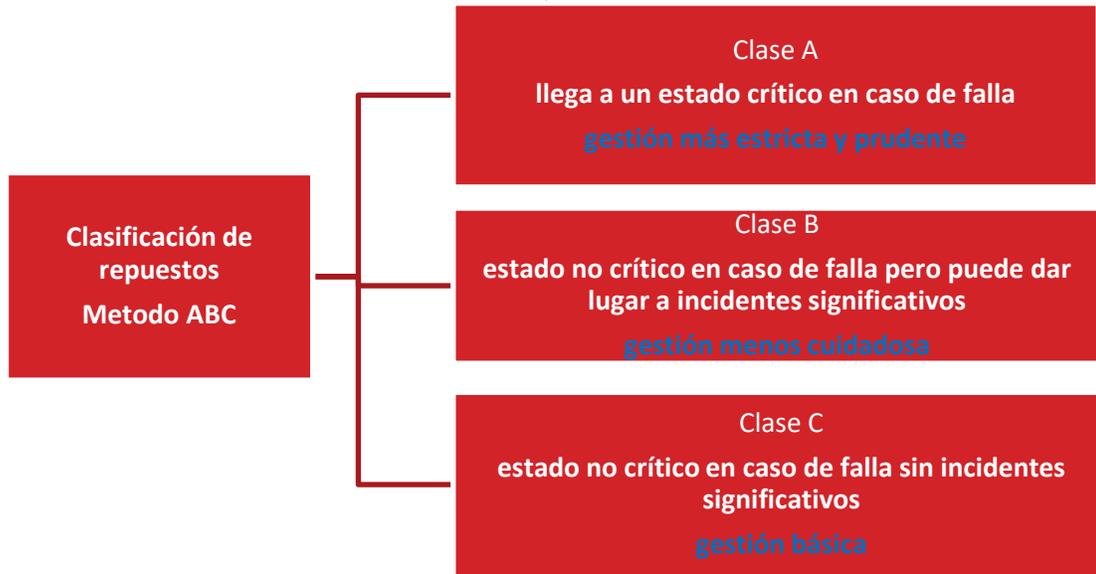
Gestión logística (piezas de recambio, herramientas, consumibles)

La gestión logística consiste en gestionar las piezas de recambio de los equipos y sistemas instalados; es un eslabón esencial para el mantenimiento: permite garantizar la disponibilidad de los equipos y sistemas de recambio en caso de avería.

El fabricante debe proporcionar al mantenedor una carpeta de diseño de piezas de repuesto con un método de cálculo detallado basado en:

- el tipo de piezas de recambio:
 - o reparable,
 - o consumible.
- diferentes tipos de necesidades:
 - o mantenimiento preventivo (sistemático, condicional...),
 - o mantenimiento correctivo,
 - o accidentes y daños excepcionales.
- criticidad de las piezas de recambio, por ejemplo con el método ABC:

Ilustración 6: Criticidad de las piezas de recambio: Método ABC



En general, la clasificación de las piezas de recambio es la siguiente:

- Una clase representa el 20% de las averías y constituye el 80% de los costes,
- La clase B representa el 30% de las averías y supone el 15% de los costes,
- La clase C representa el 20% de las averías y constituye el 5% de los costes.

Las cantidades a ofrecer en stock se calculan teniendo en cuenta:

- el tiempo de reposición entre niveles de stock,
- una probabilidad de agotamiento de existencias a definir.

Para desarrollar adecuadamente la gestión de las piezas de recambio, la CMMS debe tener las siguientes funciones:

- gestión de los equipos: inventario, localización, gestión de la información dedicada por tipo de equipo,
- gestión de inventarios: tiendas, niveles de reordenamiento, catálogo de proveedores,
- gestión de compras: recambios, presupuestos, solicitudes de compra, pedidos, facturación,
- gestión de costes y presupuesto: horas de trabajo, inventario, compras, con seguimiento periódico,
- KPI: cuadro de mando para el gestor (base de datos, consultas de estadísticas, alertas...).

Desde un punto de vista práctico, una operación de mantenimiento requiere un elemento de intercambio, tomado de una reserva, a menudo llamada almacén. El almacén debe gestionarse de forma que los elementos se conserven en condiciones que no los deterioren. En efecto, el estado de las piezas de recambio puede afectar a la eficacia del mantenimiento; por ejemplo:

- el suministro de una pieza defectuosa podría suponer una pérdida de tiempo para el equipo de mantenimiento y aumentar el tiempo de inactividad del equipo o sistema,
- Los niveles adecuados de existencias podrían repercutir en la sostenibilidad de un equipo o sistema repeliendo la obsolescencia de los componentes.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Las responsabilidades de cada actor en relación con el almacén deben estar claramente definidas. De lo contrario, podrían producirse fallos en el funcionamiento, lo que supondría una mayor pérdida de tiempo, por ejemplo:

- Piezas de repuesto sucias o herramientas que necesiten ser limpiadas justo antes de su uso,
- piezas de repuesto o herramientas dañadas durante la última operación de mantenimiento que deban ser reparadas,
- piezas de repuesto o herramientas que no se almacenan en el lugar adecuado y que llevan a los técnicos a buscarlas.

Ingeniería de mantenimiento

El equipo de ingeniería de mantenimiento es crucial para cualquier centro de mantenimiento. Garantiza las normas y los métodos.

El estado de los documentos (planes de mantenimiento, procedimientos, listas de comprobación, gestión de la documentación técnica, seguimiento de la normativa, REX, benchmarking, ...) y de los métodos (establecimiento de procesos de mantenimiento conformes a la norma ISO 9001: 2008 "Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos", elaboración de KPI, gestión de herramientas de mantenimiento, ...) será completo y homogéneo en la división de mantenimiento.

APÉNDICE 2 : Extracto del PMP de la PLMB asociado a la organización del mantenimiento propuesta por Sistemas

ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO DE EL OPERADOR DE BOGOTÁ

El mantenimiento de Metro de Bogotá se estructura alrededor de dos actividades:

1. Una actividad de mantenimiento de niveles 1 y 2 con dos grupos:
Un equipo de intervención rápida de nivel de intervención 1;
Un equipo de mantenimiento de niveles 1 y 2 software.
2. Una actividad de control y de supervisión de los subcontratistas con tres grupos:
Un grupo de gestión de los contratos de mantenimiento;
Un grupo de seguimiento de los indicadores de desempeño;
Un grupo de auditoría de las actividades de mantenimiento de los subcontratistas.

Equipo de intervención rápida

El equipo de intervención rápida está constituido por el personal de explotación habilitado para conducir un tren en modo manual y para proceder a intervenciones de reparación de nivel 1 sobre los equipos del tren, así como sobre los equipos embarcados. No está habilitado para hacer intervenciones de reparación de niveles 2. Esta tarea se reserva para los subcontratistas.

El papel principal y fundamental del equipo de intervención rápida es:

- Poner en servicio un tren parado por una acción de reparación de nivel 1;
- Utilizar un tren auxiliar que será acoplado al tren parado y conducir el conjunto para evacuar a los viajeros a la estación más próxima pues, conducirlo sobre una vía de desvío esperando llevarlo al taller para reparación por el subcontratista.

Los recursos serán identificados en el modelo de operación.

Equipo de mantenimiento de softwares

El equipo asegura el mantenimiento de los niveles 1 y 2 de softwares, pero también de los servidores del PCC. En particular:

- La gestión de configuración de los softwares;
- La carga de los nuevos firmwares;
- La modificación de parámetros de aplicativos;
- La comprobación periódica de las salvaguardias;
- La comprobación periódica de los respaldos de los servidores y otros equipos redundantes;
- La reactivación de servidor siguiendo a fallo de este último.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Recursos:

Tareas	Duración diaria	Cu.	Cualificación
Jefe de grupo	8	1	Informático sénior
Turno 2x8	8	2	Informático júnior
Gestión de configuración	8	1	Informático júnior
TOTAL		4	

Recursos mantenimiento de Software

Ubicación:

En el puesto central de control y supervisión. Este alquiler es único para el conjunto de los actores sobre el proyecto, El operador de Bogotá y mantenedor.

Herramientas:

Una estación de trabajo MMS;
Una estación de trabajo por sistema cuyos parámetros pueden ser modificados.

Gestión de los contratos de mantenimiento

Gestión cotidiana de 7 contratos de mantenimiento. Puede ser un grupo dedicado al proyecto o parte del equipo Metro existente.

Recursos:

Tareas	Duración diaria	Cu.	Cualificación
Jefe de grupo	8	1	administrador sénior
Gestión cotidiana	8	2	administrador junior
TOTAL		3	

Recursos para gestión de los contratos de mantenimiento

Herramientas:

Una estación de trabajo MMS.

Gestión del mantenimiento

El mantenimiento está asegurado por los proveedores de los sistemas. Es sumamente importante que esta actividad esté controlada por el operador. En consecuencia, se constituirá un equipo que tendrá como tareas:

1. La gestión de los programas de mantenimiento preventivo y la atribución de prioridades entre ellas;
2. Auditoría del trabajo de los mantenedores:
Identificación de los disfuncionamientos;
De proponer al mantenedor las medidas correctivas;
Verificación de la implementación de las medidas correctivas y del resultado obtenido.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

3. Seguimiento de los indicadores representativos de la realidad.

Las tareas mínimas que tienen que acometer son:

- Seguimiento diario de los indicadores de avance de los 7 contratos de mantenimiento;
- Establecimiento de un informe mensual por contrato;
- Establecimiento de un informe mensual de síntesis sobre el mantenimiento;
- Organización de reuniones bimensuales con el conjunto de los mantenedores;
- Organización de reuniones mensuales con el grupo de auditores;
- Identificación y disparo de las penalidades / bonificación en coordinación con grupo de gestión de los contratos de mantenimiento;
- Seguimiento de las acciones correctivas emprendidas por los mantenedores;
- Demanda puntual de intervención de los auditores.

Recursos:

Tareas	Duración diaria	Cu.	Cualificación
Jefe de grupo	8	1	Ingeniero sénior
Gestión mantenimiento	8	2	Ingeniero junior
TOTAL		3	

Recursos para gestión del mantenimiento

Herramientas:

3 estaciones de trabajo MMS.

En resumen, los recursos necesarios son recapitulados en el cuadro más abajo.

Equipo	Recursos
Director de mantenimiento	1
Mantenimiento del software	4
Gestión de los contratos de mantenimiento	3
Gestión del mantenimiento	3
TOTAL	11

Resumen de recursos mantenimiento

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS SUBCONTRATISTAS

El cálculo de los efectivos de mantenimiento preventivo y correctivo necesita el conocimiento:

Del número de equipos;

De los ciclos de mantenimiento preventivo preconizados por el proveedor para su equipo;

De la tasa de fallo de los equipos.

Al no disponer de estas informaciones en el día de hoy, se tomará como referencia la línea Roja del metro de Dubái cuyas características funcionales y técnicas son similares a la PMLB.

A partir de estos datos de entradas y a partir de la estimación detallada más abajo, la carga total en recursos antes de la revisión del cuarto año del tren es dada por el cuadro siguiente:

Mantenimiento	Recursos
Grupo 1	37
Grupo 2	11
Grupo 3	13
Grupo 4	13
Grupo 5	10
Grupo 6	12
Grupo 7	16
Grupo 8	8
Grupo 9	4
TOTAL	124

Recursos de los subcontratistas

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

ORGANIZACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL GRUPO 1: MATERIAL RODANTE

El régimen de mantención propuesto para el tren se desarrolló basándose en los requerimientos de rendimiento (RAMS y rendimiento operacional), en las características de diseño del tren y la experiencia adquirida del fabricante en proyectos similares.

El mantenimiento preventivo del tren se puede dividir en cinco categorías, las cuales son:

Tarea	Descripción
cada 3 días	Involucra inspección visual, pruebas funcionales, cambio de elementos de consumo menor. Esto se realiza durante horario valle y horas sin funcionamiento, es decir, entre horarios punta, durante las tardes, noches y en los fines de semana.
cada 90 días	Involucra inspección, pruebas funcionales, cambio de elementos de consumo dentro de la caja de equipo, reparaciones menores y limpieza de iluminación, sin la necesidad de retirar componentes mayores que lo conforman.
cada año	Rectificación de las ruedas
cada 4 años	Abarca las revisiones o reparaciones que requieren la utilización de grúas de taller o gatos, para cambiar componentes de mayor tamaño.
cada 8 años	Abarca las revisiones o reparaciones que requieren la utilización de grúas de taller o gatos, para cambiar componentes de mayor tamaño, más exhaustivamente que la revisión cada Cuatro Años. Esto se realiza para alternar con la revisión cada Cuatro Años en el Taller de Revisión.

Organización para el mantenimiento del Grupo 1

Recursos:

Tarea	Total
Grupo 1 y gerente del mantenimiento del tren	1
Equipo de Inspección (preventivo) 8 personas en 3 turnos	32*
Equipo de Mantenimiento Correctivo	4
TOTAL	37

Recursos para la organización del mantenimiento del Grupo 1

*personal que puede intervenir para operaciones correctivas si necesario.

ORGANIZACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL GRUPO 2: SISTEMAS CBTC Y SEÑALIZACIÓN

La organización lleva a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas situados en el centro de control y supervisión para los servidores, o en estación para los RTU. Estos son:

CBTC;
La señalización.

Las operaciones de mantenimientos preventivos son limitadas.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

El mantenimiento correctivo de los sistemas se puede dividir en 2 niveles. El primer nivel de mantenimiento correctivo se refiere al diagnóstico y recuperación de datos de diagnóstico, reparación a través de la sustitución de unidades y pruebas funcionales.

El Sistema CBTC (excepto el sistema de control y de supervisión de tráfico) es un sistema de seguridad crítico. No se realizará ninguna modificación en el programa de software del sistema sin la autorización del proveedor del sistema. No se recomienda ninguna rutina de mantenimiento del software por parte del proveedor del sistema.

Una vez finalizada la reparación o el mantenimiento mayor, se probará a CBTC en la vía de prueba antes de que el tren vuelva a estar en servicio.

El Segundo nivel de mantenimiento correctivo se refiere a la reparación y pruebas de LRU defectuoso mediante subconjunto o sustitución de componente (Unidad Sustituible en Línea), realizado por lo general en un taller especializado. La sustitución de componentes normalmente se realiza cuando es una tarea relativamente fácil de ejecutar.

Recursos:

Mantenimiento del conjunto CBTC y Señalización: un equipo que asegura el mantenimiento preventivo y correctivo en turno 3x8. El equipo está constituido por 1 técnico superior que encuadra a un equipo de 2 técnicos, lo que da un total 9 personas supervisadas (3 por turno) por 1 ingeniero junior. Total: 10 personas.

El cuadro más abajo resume los recursos necesarios:

Tarea	Cu.
Responsable del mantenimiento sistemas	1
Mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas CBTC y Señalización	10
TOTAL	11

Recursos para la organización del mantenimiento del Grupo 2

Ubicación: En el Patio-Taller.

Herramientas:

Las herramientas siguientes deben ser puestas a disposición por El operador de Bogotá con el fin de permitirle al subcontratista asegurar su actividad:

1. Oficinas;
2. Un taller de electrónica;
3. Un espacio cerrado por almacenamiento de los repuestos;
4. Una estación de trabajo MMS.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL GRUPO 3: SISTEMAS SCADA Y COMUNICACIONES

La organización es implementada para el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas:

1. Control y supervisión SCADA;
2. De los sistemas de comunicación. Esto son:
 - Red multi servicio (MSN);
 - Red radio de banda estrecha (NBR);
 - Red de teléfono y teléfono de emergencia (TEL);
 - Sistema CCTV;
 - Sistema de información de los pasajeros (PIS);
 - Sistema de anuncio a pasajeros (PA);
 - Sistema de distribución de hora (TDS);
 - Sistema de grabación de voces e imágenes DVVR);
 - Sistema de detección de intrusión (IAS);
 - Sistemas de comunicaciones embarcado (OBS);
 - Red de fibra óptica (FON).

Recursos:

Un equipo que asegura el mantenimiento preventivo y correctivo en turno 2x8. El equipo está constituido por 1 técnico superior y 1 técnico, un total de 4 (2 por turno). Total: 4 personas.

Mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de comunicación:

Un equipo que asegura el mantenimiento preventivo y correctivo en turno 2x8 las horas. El equipo está constituido por 1 técnico superior que encuadra a 1 o 2 técnicos. Total: 6 personas (3 por turno).

Tarea	Total
Responsable del mantenimiento del Grupo	1
Mantenimiento preventivo y correctivo del SCADA	4
Mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de comunicación	6
Planificación y apoyo logístico	1
Gestión de los repuestos	1
TOTAL	13

Recursos para la organización del mantenimiento del Grupo 3

Ubicación: En el Patio-Taller.

Herramientas:

Las herramientas siguientes deben ser puestas en disposición por El operador de Bogotá con el fin de permitirle al subcontratista asegurar su actividad.

1. Oficinas;
2. Un taller de electrónica reparto con el Grupo 1;
3. Un espacio cerrado por almacenamiento de los repuestos reparto con el Grupo 1;
4. Una estación de trabajo MMS.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL GRUPO 4: PUERTAS DE ANDÉN

Mantenimiento preventivo y correctivo de las puertas de andenes. El mantenimiento preventivo será ejecutado fuera de operación por el equipo de noche.

Recursos:

Un equipo que asegura el mantenimiento preventivo y correctivo con turno 3x8. El equipo está constituido por 1 técnico superior que encuadra a un equipo de 2 técnico, lo que da un total de 9 personas (3 por turno) supervisados por 1 ingeniero júnior. Total: 10 personas.

Tarea	Total
Responsable del mantenimiento del Grupo	1
Mantenimiento preventivo y correctivo 3 personas 3 turnos	10
Planificación y apoyo logístico	1
Gestión de los repuestos	1
TOTAL	13

Recursos para la organización del mantenimiento del Grupo 4

Ubicación: En el Patio-Taller.

Herramientas:

Las herramientas siguientes deben ser puestas en disposición por El operador de Bogotá con el fin de permitir al subcontratista asegurar su actividad:

1. Oficinas;
2. Un taller de electrónica reparto el Grupo 1;
3. Un taller electromecánico;
4. Un espacio cerrado por almacenamiento de los repuestos a compartir con el Grupo 1;
5. Una estación de trabajo MMS.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DEL GRUPO 5: BILLETAJE

Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de Biletaje.

Recursos:

Un equipo que asegura el mantenimiento preventivo y correctivo en turno 2x8. El equipo está constituido por 1 técnico superior que encuadra a un equipo de 2 técnicos, lo que nos da 6 personas (3 por turno) supervisados por 1 ingeniero júnior. Total: 7 personas.

Tarea	Total
Responsable del mantenimiento del Grupo	1
Mantenimiento preventivo y correctivo	7
Planificación y apoyo logístico	1
Gestión de los repuestos	1
TOTAL	10

Recursos para la organización del mantenimiento del Grupo 5

Ubicación: En el Patio-Taller.

Herramientas:

Las herramientas siguientes deben ser puestas en disposición por El operador de Bogotá con el fin de permitirle al subcontratista asegurar su actividad:

1. Oficinas;
2. Un taller de electrónica reparto el Grupo 1;
3. Un taller electromecánico a compartir con el Grupo 3;
4. Un espacio cerrado por almacenamiento de los repuestos a compartir con el Grupo 1;
5. Una estación de trabajo MMS.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DEL GRUPO 6: VÍA, TERCER RIEL Y VEHÍCULOS DE TRABAJO

Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos:

- De vía;
- Del tercer riel;
- De los vehículos de trabajo.

Requieren el mantenimiento correctivo siempre que la anomalía sea encontrada durante la inspección visual de carriles, sistema de fijación y agujas. Los trabajos de mantenimiento correctivos incluyen el perfilado del riel, el reajuste de las agujas, el apriete del sistema de fijación o el remplazo de los rieles.

Recursos:

Un equipo que trabaja por la noche. Asegura la inspección de la vía y del tercer riel, el engrasado de las agujas e interviene en reparación sobre llamada telefónica. El equipo está constituido por 1 técnico superior que encuadra a un técnico.

Un equipo de día asegura la inspección de las vías y del tercer riel del taller, el engrasado de las agujas e interviene en reparación telefónica. El equipo está constituido por 1 técnico superior que encuadra a un técnico.

Un técnico superior para la medida y el registro de los parámetros de las vías principales y del taller.

Un equipo para el mantenimiento de los vehículos de trabajos agarrando como hipótesis que los vehículos de trabajos son reagrupados en el mismo lugar. El equipo está constituido por 1 técnico superior y por 1 técnicos.

Tarea	Total
Responsable del mantenimiento del Grupo	1
Responsable inspección, medidas y mantenimiento	1
Línea: Inspección vía y tercer riel, mantenimiento	2
Taller: Inspección vía y tercer riel, mantenimiento	2
Medidas de vía y apoyo	2
Mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos de trabajo	2
Planificación y apoyo logístico	1
Gestión de los repuestos	1
TOTAL	12

Recursos para la organización del mantenimiento del Grupo 6

Ubicación: En el Patio-Taller.

Herramientas:

Las herramientas siguientes deben ser puestas en disposición por El operador de Bogotá con el fin de permitirle al subcontratista asegurar su actividad:

1. Oficinas;
2. Un área de almacenamiento de los carriles;
3. Un área de almacenamiento de materiales pesados;

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

4. Un espacio cerrado por almacenamiento de los repuestos a compartir con el Grupo 1;
5. Una estación de trabajo MMS.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DEL GRUPO 7: ENERGÍA

Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de transformación et de distribución eléctrica. Estos son:

1. Subestación Receptora (SER);
2. Subestación de Transformación (SET);
3. Centros de Transformación (CT);
4. UPS.

Recursos:

Un equipo asegura la inspección y el mantenimiento preventivo y correctivo en 3x8 las horas. El equipo está constituido por 1 técnico superior que encuadra a un equipo de 3 técnicos, lo que da 12 personas (4 por turno) supervisados por 1 ingeniero júnior. Total: 13 personas.

Tarea	Total
Responsable del mantenimiento del Grupo	1
Responsable del mantenimiento	1
Inspección y mantenimiento preventivo y correctivo	12
Planificación y apoyo logístico	1
Gestión de los repuestos	1
TOTAL	16

Recursos para la organización del mantenimiento del Grupo 7

Ubicación: En el Patio-Taller.

Herramientas:

Las herramientas siguientes deben ser puestas en disposición por El operador de Bogotá con el fin de permitirle al subcontratista asegurar su actividad:

1. Oficinas;
2. Un espacio cerrado por almacenamiento de los repuestos a compartir con el Grupo 1;
3. Una estación de trabajo MMS.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DEL GRUPO 8: E&M

Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos electromecánicos. Estos equipos son:

1. Escalera mecánica;
2. Ascensor;
3. Cinta transportadora;
4. Sistemas de bombeo de agua.

Recursos

Un equipo que asegura la inspección y el mantenimiento preventivo y correctivo en horas normal. El equipo está constituido por 1 técnico superior que encuadra a un equipo de 3 técnicos. Entonces son 4 personas supervisadas por 1 ingeniero júnior. Total: 5 personas.

Tarea	Total
Responsable del mantenimiento del Grupo	1
Responsable del mantenimiento	1
Inspección y mantenimiento preventivo y correctivo	4
Planificación y apoyo logístico	1
Gestión de los repuestos	1
TOTAL	8

Recursos para la organización del mantenimiento del Grupo 8

Ubicación: En el Patio-Taller y en línea.

Herramientas

1. Oficinas;
2. Taller mecánico a compartir con el Grupo 3;
3. Un espacio cerrado por almacenamiento de los repuestos a compartir con el Grupo 1;
4. Una estación de trabajo MMS.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

MANTENIMIENTO DEL GRUPO 9: EQUIPOS DE TALLER

Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de los talleres.

Recursos:

Un equipo asegura por los días la inspección y el mantenimiento preventivo y correctivo. Está constituida por 1 técnico superior que encuadra a 2 técnicos, un total de 3 personas.

Tarea	Total
Ingeniero responsable del mantenimiento	1
Mantenimiento preventivo y correctivo en turno 2x8	3
TOTAL	4

Recursos para la organización del mantenimiento del Grupo 9

Nota: No se comprende los conductores de trenes de trabajo.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

SUGERENCIA PARA LA DURACIÓN DE LOS CONTRATOS DE MANTENIMIENTO

Grupo	Duración del contrato de externalización
1	20 años reconducible para el tren
2	8 años
3	8 años
4	8 años
5	5 años
6	5 años
7	5 años
8	5 años
9	8 años

Sugerencia para la duración de los contratos de mantenimiento

APÉNDICE 3 : Extracto del PMP de la PLMB asociado a los planes de mantenimiento por Sistemas

MANTENIMIENTO DEL MATERIAL RODANTE

Esta sección describe los requisitos para la limpieza y el mantenimiento de los trenes de pasajeros.

Limpieza

Tarea de limpieza	Ciclo	Nivel
Limpieza interna	1 día	1
Limpieza externa	3 días	1
Especial	A pedida	1

Tareas de limpieza del MR

La operación puede considerar la posibilidad una limpieza adicional en el terminal para sacar la basura al final de cada viaje.

La limpieza se realiza en el garaje durante las horas de menor tránsito (horas valle) o durante horas de parada de la operación comercial. Para la limpieza interna del tren, las plataformas del garaje deben estar equipadas de:

- Enchufes con dispositivo residual de corriente a lo largo de la plataforma, a la altura de cada coche;
- Estación de abastecimiento de agua en cada plataforma;
- Áreas de almacenaje.

Los instrumentos portables como aspiradoras, secadores, instrumentos auxiliares y equipos, colectores de basura son necesarios para la limpieza de tren. Se requiere una tienda de limpieza para almacenar estos instrumentos.

En el taller se debe prever una planta automática para lavar el tren.

Los detergentes que se vayan a utilizar deben tener la previa aprobación del proveedor de tren.

El trabajo de limpieza puede ser externalizado a operadores de limpieza locales tras una propia formación de los agentes a las reglas de seguridad en vigor en el taller por donde los trenes circulan en modo automático sin conductor.

Indicadores de desempeño serán especificados en el contrato. El contratista suministrará los recursos humanos necesarios y las herramientas de limpieza.

Mantenimiento preventivo

El régimen de mantenimiento propuesto para el material rodante está basado en las exigencias de desempeño (RAM y otras exigencias de operación).

Ciclo de mantenimiento preventivo:

- Inspección cada 3 días;
- Inspección trimestral;

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Reperfilado de ruedas cada año;
Revisión de 4 años;
Revisión de 8 años.

A continuación, la tabla identifica el ciclo de mantenimiento preventivo propuesto.

Tarea de mantenimiento preventivo	Ciclo	Nivel	Lugar	Ext.
Inspección visual, pruebas funcionales, cambio de artículos de bien consumible menores. Esto se realiza durante horas fuera de las horas pico y horas no operativas como: entre los picos, durante tardes y noches, y los fines de semana.	3 días	2	Taller de PR	(1)
Examen, pruebas funcionales, cambio de artículos de bien consumible dentro de caja de equipo, reparación menor, y limpieza de luz, sin la necesidad de quitar componentes principales. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificación y pruebas funcionales de los mayores equipos; ▪ Inspección de los bogies 	trimestral	2	Taller de PR	(1)
Reperfilado	1 año o 150000 km	3	Taller de GR	(1)
Revisiones o reparación que requiere el empleo de grúas de taller o gatos para cambiar componentes principales.	4 años o 600000 km	4	Taller GR	(2)
Revisiones o reparación que requiere el empleo de grúas de taller o gatos, cambiar componentes principales, pero más cuidadoso que la revisión de 4 años. Esto es realizado para alternar con la revisión de 4 años en taller de Grande Revisión.	8 años o 1200000 km	4	Taller GR	(2)

Ciclo de mantenimiento preventivo del MR

Notas:

- (1): Tarea crítica para la seguridad y la operación.
- (2): Mantener la experticia en interno, pero externalizar los trabajos de reparación por los proveedores de equipos.

Reperfilado de ruedas

Para mantener la seguridad del tren, los parámetros siguientes deben ser verificados regularmente:

1. Rueda llana. Detectada cuando el tren pasa sobre el Sistema de Detección de Carga de Impacto de Rueda instalado sobre la línea principal.
2. Los parámetros de rueda serán medidos cada dos semanas con el Sistema de Medida de Ruedas:
 - Redondez
 - Manchas Planas
 - Diámetro
 - Perfil
 - Dimensión
 - Grieta

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Otro daño.

El estado de robustez del Sistema de Supervisión de Rueda será supervisado por el MMS que emitirá las Órdenes de Trabajo necesarias.

Además del ciclo anual, es necesario re perfilar la rueda cuando se detecta una ruda llana en el torno en foso.

Mantenimiento correctivo

Para el mantenimiento correctivo del tren, se recomienda la creación de un equipo móvil de intervención rápida para reparar o aislar los fallos en el tren. Si falla no puede ser reparada o necesita una investigación más profunda, el tren será inmediatamente transferido al taller o, tras el final de servicio dependiendo de la gravedad a del fallo.

La investigación se realiza en el taller de mantenimiento menor. El cambio de equipos que no necesiten más de dos personas se puede realizar en este taller, pero, si se necesita cambiar un equipo pesado, se debe desplazar el tren al taller de mantenimiento mayor donde existen equipos de levantamientos.

El metro debe tener el peritaje y las herramientas necesarias por el mantenimiento correctivo.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS SCADA

Puede ser un conjunto de sistemas cuyas funciones son:

- Comando y supervisión del tráfico ferroviario;
- Comando y supervisión de los equipos de comunicaciones;
- Comando y supervisión de la energía eléctrica;
- Comando y supervisión de los equipos electromecánicos;
- Comando y supervisión de billeteo.

Estas funciones son soportadas por los equipos centralizados en el PCC y en las estaciones por un equipo que sirve de interface entre el equipo central y los equipos de estación para sus controles y supervisiones desde el PCC. Este equipamiento se conoce por RTU (Remote Terminal Unit).

Los equipos centrales son constituidos de varios servidores. Estos son ubicados el PCC y el PCC de respaldo. Es importante que el Sistema de Mantenimiento Centralizado (MMS) esté en la misma ubicación, para facilitar el cambio de información entre los operadores y los mantenedores.

Identificación de los LRU (Unidad o Componente Reemplazable en Línea)

Equipo	RTU
Servidor central y de estación (RTU)	Equipo completo
	Cajón completo
	Carta electrónica
	Suministro de energía
	ventilador
Terminal de trabajo	Equipo completo
Pantalla	Equipo completo
Impresora	Equipo completo

Identificación de los LRU del sistema SCADA

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Predicción de mantenimiento preventivo

Equipo	Tarea	Ciclo	Nivel	Habilidad
Servidor central	Pruebas de la redundancia (back-up)	1 mes	2	EM + IM
	Inspección y limpieza	3 meses	2	EM
	Actualización de nueva versión de software	NA	4	IH
	Modificación de parámetros	NA	4	IH
Terminal de trabajo	Inspección y limpieza	6 meses	2	EM
Pantalla	Inspección y limpieza	6 meses	2	EM
Impresora	Inspección y limpieza	6 meses	2	EM
RTU de estación	Inspección y limpieza	6 meses	2	EM
	Actualización de nuevo firmware	NA	4	IM

Predicción de mantenimiento preventivo

- EM = Eléctrico o mecánico con media habilitación;
- ES = Eléctrico o mecánico especializado;
- IH = Informático con alta habilitación;
- IM = Informático con media habilitación.

Predicción de mantenimiento correctivo

El número de intervención por causa de falla depende de los valores RAMS práctica de cada equipo. Estos valores deben ser conforme a los valores dados por el modelo RAMS.

Falla	Tarea	Nivel	Habilidad
Hardware	Substituir el RTU correspondiente	2	EM
	Verificación del elemento defectuoso en laboratorio utilizando banco de pruebas	3	ES
	Reparación en taller con herramientas dedicadas	4 y 5	ES
Software	Reinicializar y recargar el software de los servidores en falla. Si la falla persiste, llamar al proveedor	4	IH

Predicción de mantenimiento Correctivo

Recomendaciones

Recomendamos no realizar el mantenimiento preventivo de los equipos “off the shelf” de grande fiabilidad, ubicados en sala técnica, normalmente climatizada y en sobrepresión. Pero la sala debe ser limpiada regularmente.

Se debe intervenir solamente en caso de averías.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Mantenimiento del software

No hay mantenimiento del software con la excepción de integración de nuevos “firmware”.

Cabe de notar que el software del comando y supervisión del tráfico se encuentra muy integrado con el sistema CBTC o sea, un software de nivel 3. Solamente el proveedor del sistema puede intervenirlo.

Sin embargo, el mantenedor dispondrá de puestos operadores con el fin de poder modificar los parámetros del sistema.

Externalización

El mantenimiento de nivel 3 a 5 así como el mantenimiento del software y mejora de los sistemas se externalizarán a los proveedores.

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA CBTC

El CBTC está constituido por los subsistemas siguientes:

El CBTC con equipos in situ (centro de control y estaciones en zonas de maniobras), equipos embarcados a bordo del tren, equipos de comunicación entre el sitio y el tren(radio u otros), balizas de relocalización, inicialización y parada precisa en estación;

Equipos de enclavamientos in situ (estaciones de zonas de maniobras) y equipos de vía (motor de agujas pelos menos, circuito de vía y señales si se los necesitan). Los equipos de enclavamientos son controlados por el ATS.

En resumen, se tiene equipos en el centro de mando y supervisión, en estación y en la vía (principal o taller) y a bordo del tren.

Identificación de los LRU del sistema CBTC

Equipo	LRU
CBTC a bordo del tren	gabinete
	cajones
	Cartas electrónicas
	Suministro de energía
	ventilador
Antenas	conjunto
Acelerómetro	conjunto
CBTC de estación	gabinete
	cajones
	Cartas electrónicas
	Suministro de energía
	ventilador
Enclavamiento electrónico (IXL)	gabinete

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

	cajones
	Cartas electrónicas
	Suministro de energía
	ventilador
Balizas	conjunto
Antenas	conjunto
Motor de aguja	conjunto

Identificación de los LRU del CBTC

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Predicción de mantenimiento preventivo

Equipo	Tarea	Ciclo	Nivel	Habilidad
CBTC a bordo del tren	Reconfigurar los parámetros de desgaste de rueda	3 meses	2	EM
	Verificación y limpieza	6 meses	2	EM
	Actualización de nueva versión de firmware	NA	4 y 5	IH
	Comprobación del back-up	1 mes	2	EM + IM
Acelerómetro	Comprobar el acelerómetro	1 año	4	ES
Antena	Ajustar la altura	1 año	2	EM
CBTC de estación	Verificación y limpieza	6 meses	2	EM
	Actualización de nueva versión de firmware	NA	4 y 5	IH
	Comprobación del back-up	1 mes	2	EM + IM
Motor de aguja	Verificación y limpieza. Lubricación y engrase	4 meses	2	EM
IXL Enclavamiento	Verificación y limpieza	6 meses	2	EM
	Actualización de nueva versión de firmware	NA	4 y 5	IH
	Comprobación del back-up	1 mes	2	EM + IM

Predicción de mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo: comprobación, pruebas y para los motores de aguja, verificación y engrase periódico se realizará en función de las especificaciones del proveedor.

El mantenimiento correctivo se divide en dos niveles:

El primer nivel son tareas de diagnóstico y recuperación de datos de diagnóstico, reparación por cambio del módulo (unidad reemplazado del punto de visto de mantenimiento) y pruebas funcionales.

El segundo nivel consiste en la reparación y pruebas del módulo averiado en un taller especializado. Después de completar la reparación, se verifica el CBTC en la vía de prueba antes de poner el tren en servicio.

Predicción de mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se divide en dos niveles:

El primer nivel son tareas de diagnóstico y recuperación de datos de diagnóstico, reparación por cambio del módulo LRU y pruebas funcionales.

El segundo nivel consiste en la reparación y pruebas del módulo averiado, en un taller especializado.

Después de completar la reparación, se verifica el CBTC en la vía de pruebas antes de poner el tren en servicio.

Los niveles de mantenimiento correctivo son realizados por el proveedor del sistema.

Mantenimiento del software

El CBTC es un sistema de seguridad crítico. Solamente el proveedor del sistema puede intervenir sobre el software. No se recomienda el mantenimiento rutinario del software.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Externalización

Considerando la criticidad del sistema y su impacto sobre la operación en caso de avería, el consorcio Metro BOG recomienda a Metro de Bogotá que mantenga un equipo con experiencia para los mantenimientos preventivos y correctivos. Se aconseja firmemente un soporte de expertos del proveedor para la investigación de las averías durante el año de garantía y recomendable después de la garantía.

Apoyo logístico

Se necesitará oficinas de mantenimiento en los talleres y en unas estaciones estratégicas para una repuesta rápida.

Un taller electrónico ubicado en los talleres para la prueba del módulo defectuoso.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES

Sin detrimento de los resultados del diseño de estos sistemas, ellos deberán incluir, por lo menos, los siguientes subsistemas:

- Red integrando de comunicación (MSN);
- Radio en estación y radio embarcado;
- Teléfonos y teléfonos de emergencia;
- Circuito cerrado de televisión (CCTV) en estación y embarcado;
- Sistema de anuncio a pasajeros en estación y a bordo del tren;
- Sistema de información de los pasajeros;
- Sistema Wifi embarcado
- Sistema de grabación de voces e imágenes;
- Sistema de detección de intrusión;
- Sistema de distribución de hora;

El estado de todos estos sistemas se supervisará continuamente de manera centralizada lo que permitirá una reacción inmediata, y en consecuencia, una limitación del tiempo de inmovilización

Predicción de mantenimiento preventivo

Sistema	Equipo	Tarea	Ciclo	Nivel	Habilidad
MSN	servidor	Upgrade the switch's firmware	Nueva versión	4	IH
	servidor	inspección, limpieza, comprueba las indicaciones	6 meses	2	EM
	switch	Upgrade the switch's firmware	Nueva versión	4	IH
	switch	inspección y limpieza	6 meses	2	EM
	FO	inspección y limpieza	6 meses	3	EM
Radio	servidor	Mejora interruptor del firmware	Nueva versión	4	IM
	servidor	comprobación y limpieza	6 meses	2	EM
	Cable radiante	verificar la fijación	1 año	2	EM
Teléfono	servidor	back-up de seguridad de la basa de datos	3 meses	4	IM
	servidor	inspección, limpieza, compruebe las indicaciones	6 meses	2	IM+EM
	portal	inspección, limpieza, compruebe las indicaciones	6 meses	2	EM
	batería	substituir	2 año	2	EM
CCTV	cámara	Limpieza del gabinete y verificación del anaquel	6 meses	2	EM

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Sistema	Equipo	Tarea	Ciclo	Nivel	Habilidad
	cámara	Comprobación foco de cámara	6 meses	2	EM
	decodificador	Mejora el software	Nueva versión	5	IH
	cámara	Comprobación de la potencia de salida	6 meses	2	EM
	software	Comprobación de la potencia de salida	6 meses	2	EM
PID & PA	servidor central	back-up de seguridad de la base de datos	6 meses	4	IM
		Comprobar la sincronización del TDS			
		Comprobar espacio libre del diario			
		Comprobar tarea de mantenimiento Windows			
		Analizar las filas de acontecimiento			
	servidor central	inspección, limpieza, compruebe las indicaciones	6 meses	2	IM+EM
	servidor estación	Comprobar la sincronización del TDS	6 meses	4	IM
		Comprobar espacio libre del diario			
	servidor estación	inspección, limpieza, compruebe las indicaciones	6 meses	2	IM+EM
	pantalla	Comprobar y ajustar resplandor y contraste.	3 meses	2	EM
		Comprobar tráfico del red			
		Comprobar errores sobre el OS y filas de eventos			
		verificación y limpieza	3 meses	2	EM
	PA	Comprobar envió de entradas audio a las direcciones de zonas	3 meses	2	EM
		inspección, limpieza, compruebe las indicaciones	3 meses	2	EM
		pruebas de circuitos audio	3 meses	2	EM
		Comprobar anuncio local	3 meses	2	EM
		Comprobar operatividad	3 meses	2	EM
		Comprobar nivel del amplificador	3 meses	2	EM
		Limpia el alta voz	6 meses	2	EM
		Comprobar operatividad			
		Comprobar mecanismo de soporte			
	TDS	estación	limpieza	3 meses	1
servidor central		verificación y limpieza	6 meses	2	EM
relojes		Cambiar batería de reserva	2 años	2	EM

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Sistema	Equipo	Tarea	Ciclo	Nivel	Habilidad
DVVR	portal	inspección, limpieza, compruebe las indicaciones	6 meses	2	EM
	servidor	inspección, limpieza, compruebe las indicaciones	6 meses	2	EM
	Almacén de masa	inspección, limpieza, compruebe las indicaciones	6 meses	2	EM
	portal	Mejora el firmware	Nueva versión	4	IH
	servidor	Mejora el firmware	Nueva versión	4	IH
	Almacén de masa	Mejora el firmware	Nueva versión	4	IH
IAS	servidor central	verificación y limpieza	1 mes	2	EM
	servidor local	verificación y limpieza	1 mes	2	EM
	módulo I/O	verificación y limpieza	1 mes	2	EM
	lector de tarjetas	verificación y limpieza	1 mes	2	EM
	llave magnética	verificación y limpieza	1 mes	2	EM
	varios detectores	verificación y limpieza	1 mes	2	EM
	servidor central	Mejora el firmware	3 meses	4	IH
	servidor local	Mejora el firmware	3 meses	4	IM
lector de tarjetas	Mejora el firmware	3 meses	4	IM	
FO	rack	verificación y limpieza	3 meses	2	EM
Tren radio	Radio MX	verificación y limpieza	3 meses	2	EM
Tren radio	radio interruptor	Mejora el firmware	Nueva versión	4	IM
Tren radio	antena	verificación	3 meses	2	EM
Tren PA	Audio amplificador	verificación y limpieza	6 meses	2	EM
Tren PID	monitor	verificación y limpieza	6 meses	2	EM
Tren CCTV	cámara	verificación y limpieza	6 meses	2	EM
Tren CCTV	antena	verificación y limpieza	6 meses	2	EM
Tren varios	servidores	verificación y limpieza	Nueva versión	4	IM
Tren Wii	Punto de acceso	verificación y limpieza	6 meses	2	EM
Tren Wii	antena interna	verificación y limpieza	6 meses	2	EM
Tren Wii	antena techo	verificación y limpieza	6 meses	2	EM

Predicción de mantenimiento preventivo sistemas de comunicaciones

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Nivel 1

Mantenimiento preventivo: las principales tareas comunes para todos los sistemas son la inspección visual y limpieza.

Nivel 2

Mantenimiento preventivo: implementación del nuevo "firmware", verificación del "back-up", Cambio de los "back-up" baterías.

El mantenimiento correctivo se realiza al nivel del Módulo (LRU). El módulo defectuoso se cambia por un material proveniente del stock de repuestos. La intervención se realiza, normalmente en sitio.

Predicción de mantenimiento correctivo

Falla	Tarea	Nivel	Habilidad
Hardware	Substituir el RTU correspondiente	2	EM
	Verificación del elemento defectuoso en laboratorio utilizando banco de pruebas	3	ES
	Reparación en taller con herramientas dedicadas	4 y 5	ES
Software	Reinicializar y recargar el software de los servidores en falla. Si la falla persiste, llamar al proveedor	4	IH

Predicción de mantenimiento correctivo sistemas de comunicaciones

Los equipos autónomos de baja complejidad como altavoces, captosres diversos, etc. No serán reparados, sino desechados. Debido a su complejidad, un equipo como una cámara de televisión será reparado.

Mantenimiento del software

Ningún requisito es necesario para el mantenimiento del software de los sistemas de comunicaciones, excepto la implementación de nuevas versiones de "firmware".

Para la administración de los parámetros, se deben poner a disposición operadores de mantenimiento.

Externalización

Considerando la naturaleza de las tareas de mantenimiento y lo crítico de estos sistemas, el consorcio Metro-Bog recomienda a Metro de Bogotá que realice un peritaje para los mantenimientos preventivos y correctivos. Serán externalizados el software, la implementación de nuevo "firmware" y el mantenimiento correctivo al nivel de los componentes.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

MANTENIMIENTO DE LAS PUERTAS DE ANDENES

El sistema está constituido de:

- Módulo de control de puertas;
- Puertas deslizantes;
- Puertas de emergencias

Predicción de mantenimiento preventivo

El mantenimiento propuesto para la Puerta de andén se desarrolla con base a las exigencias RAMS, el diseño del sistema y la experiencia del proveedor de sistema aprendido de proyectos similares.

Equipo	Tarea	Ciclo	Nivel	Habilidad
Módulo de control de puerta	Inspección del gabinete	6 meses	2	EM
	Inspección transformadores	6 meses	2	EM
	Prueba de redundancia	1 año	2	EM
	Prueba del panel de control local de puerta	1 año	2	EM
	Inspección y prueba de los cabos de puesta a tierra	1 año	2	EM
Módulo de Puertas aisladores	Inspección y limpieza	1 mes	2	EM
	Prueba de la unidad de control de puertas	2 meses	2	EM
	Prueba del mecanismo de liberación de emergencia de la puerta aisladora	6 meses	2	EM
	Inspección para comprobar la integridad y desgaste del conjunto de cepillo de carbón	6 meses	2	EM
	Inspección para comprobar la integridad de las conexiones y fijaciones de los mecanismos de conducción, Inspección del estado de la cinta y poleas.	6 meses	2	EM
	Pruebas del mecanismo de liberación de las puertas de salida de emergencia.	6 meses	2	EM
	Pruebas de las conexiones eléctricas de los Interruptores de seguridad	6 meses	2	EM
	Inspección para comprobar la integridad de las puertas aisladoras	1 año	2	EM
	Inspección para comprobar la integridad de las puertas de salida de emergencia	1 año	2	EM
	Inspección para comprobar la integridad de los motores de puertas deslizantes	1 año	2	EM
	Inspección de la integridad de la estructura de los motores de puertas aisladoras	1.5 años	2	EM
	Reemplazar el conjunto de cepillo de carbón	5 años	2	EM
	Reemplazar elementos mecánicos de las puertas y del motor	10 años	3	EM

Predicción de mantenimiento preventivo sistemas de comunicaciones

Mantenimiento correctivo de niveles 1 y 2:

El primer nivel de intervención es el personal de estación para bloquear la puerta averiada hasta la intervención del equipo de intervención. Sus tareas son:

- Aislar y diagnosticar de la falla;
- Reparación, cambiando el módulo defectuoso;
- Ajustes y pruebas del buen funcionamiento;
- Prueba del sistema y reconfiguración.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Niveles 3 a 5:

El mantenimiento de estos niveles es externalizado.

Externalización

Considerando la naturaleza de las tareas de mantenimiento y la criticidad de estos sistemas para la operación, El consorcio METRO BOG recomienda a Metro de BOGOTÁ que realice un peritaje para los mantenimientos preventivos y correctivos. La reparación del Módulo defectuoso y el reacondicionamiento o fabricación de subsistemas mayores, será externalizada al proveedor del sistema o a vendedores aprobados.

Apoyo logístico

Oficinas de mantenimiento en talleres y unas en estaciones, de ubicación estratégica para las intervenciones y almacenes intermedios de repuestos.

Taller mecánico y electrónico para la reparación del panel de la puerta y la prueba del Módulo (equipo de línea reemplazado).

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE BILLETAJE

El sistema de billeteaje está constituido:

- De servidores central;
- De servidores de estaciones;
- De equipos de estaciones: puertas, máquinas de venta automáticas y manuales.

Predicción de mantenimiento

Equipo	Tarea	Ciclo	Nivel	Habilidad
Servidores centrales	Ver sección asociada del PMP PLMB			
Servidor de estación	Ver sección asociada del PMP PLMB			
puertas	Limpieza, inspección y pruebas funcionales	6 mese	2	EM
	Cambiar las baterías	3 años	2	EM
Máquina de venta	Inspección y pruebas funcionales	1 mes	2	EM
		3 meses	2	EM
		3 años	2	EM
	Cambiar las baterías	3 años	2	EM
Boletería	limpieza	7 días	2	EM
	Limpieza, inspección y pruebas funcionales	1 año	2	EM

Predicción de mantenimiento preventivo sistemas de Billeteaje

Mantenimiento preventivo de niveles 1 y 2:

No hay mantenimiento preventivo de los servidores, excepto la implementación de nuevos "firmware". El mantenimiento está limitado a la limpieza e inspección visual de los equipos de estaciones.

Limpieza: equipo externalizado para la operación de limpieza de estación.

Inspección visual: equipo móvil de Metro.

Implementación de nuevo firmware: equipo software de Metro.

Mantenimiento correctivo de nivel 1 y 2:

Mantenimiento de niveles 1 y 2 por el Operador.

Servidores centrales: re inicialización por el equipo software. Si es imposible, recurrir al proveedor.

Servidores de estación: re inicialización por equipo móvil. Si es imposible, recurrir al proveedor. Equipos de estaciones: se puede considerar que el 85% de las averías son problemas de operación que pueden ser resueltos por personal local de operación. Si no es el caso, intervención del equipo móvil para el cambio del Módulo defectuoso por uno equivalente proveniente del almacén de repuestos.

Niveles 3 a 5:

Externalización de las tareas de reparación.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Apoyo logístico

Oficinas de mantenimiento en los talleres y en estaciones de ubicación estratégica por la intervención y stock intermedios de repuestos.

Taller de billeteo para pruebas de Módulos defectuosos.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA

El sistema de energía está constituido por:

- Un sistema central de comando y supervisión con servidores y puestos a operadores;
- Un sistema de comando y supervisión centralizado del puesto de energía alta tensión;
- Equipos eléctricos (transformadores, rectificadores, disyuntores, diversos circuitos de corte de corriente, baterías, etc.) distribuido en varios edificios especializados: puestos de alta tensión, puestos rectificadores, puestos de distribución de energía;
- PLC para el control de estos equipos;
- Suministro de energía ininterrumpido (UPS) para sistemas que lo necesitan (casi todos).

Predicción de mantenimiento preventivo

Equipo	Tarea	Ciclo	Nivel	Habilidad
Subestación de media tensión –Centro de Carga (CDC)	Inspección visual	1 día	2	EM
	Inspección detallada	1 año	3	ES
	Inspección adicional	2 años	3	ES
	Inspección detallada del GIS, transformadores auxiliares y disyuntores.	3 años	3	ES
	Reemplazar ventilador del UPS y cargador de baterías	4.5 años	2	EM
	Revisión GIS y disyuntor	6 años	4	ES
Subestación de tracción 750 V dc	Inspección visual	1 día	2	EM
	Inspección detallada	1 año	3	ES
	Inspección adicional	2 años	3	ES
	Inspección detallada de las celdas Media Tensión, rectificadores, dispositivo de recuperación de energía de frenado (BRU) si existe, equipos de 750 V dc.	3 años	3	ES
	Reemplazar el ventilador del UPS	4.5 años	2	EM
	Revisión del BRU	5 años	4	ES
	Revisión de las celdas Media Tensión y disyuntor	6 años	4	ES
	Revisión del BRU	9 años	4	ES
	Revisión del rectificador y del BRU	10 años	4	ES
	Revisión del rectificador y del BRU	15 años	4	ES
	Revisión del rectificador y del BRU	20 años	4	ES
Subestación de Alumbrado / Fuerza	Inspección visual	1 día	2	EM
	Inspección detallada	1 año	3	ES
	Inspección adicional	2 años	3	ES
	Inspección detallada de las celdas Media Tensión y disyuntor	3 años	3	ES
	Reemplazar el ventilador del UPS	4.5 años	2	ES
	Revisión de las celdas Media Tensión y disyuntor	6 años	4	

Predicción de mantenimiento preventivo sistemas de Energía

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Mantenimiento preventivo de niveles 1 y 2:

Servidores y PLC: ningún mantenimiento preventivo, excepto implementación de nuevo firmware.

Mantenimiento correctivo de niveles 1 y 2:

Debido a su importancia para la operación, el sistema de energía está concebido con alta redundancia y posibilidad de reconfiguración de la red eléctrica. El sistema de mantenimiento debe ser concebido para asegurar una supervisión de este sistema para limitar el tiempo de intervención.

El mantenimiento está asegurado por el Operador al nivel 1 y 2 para el cambio del módulo defectuosos. Los demás niveles son externalizados.

Mantenimiento del software

El mantenimiento del software está limitado:

- A la implementación del nuevo firmware;
- La reiniciación de los servidores y PLC;
- La supervisión de las versiones de software;
- El cambio de parámetros del software.

Externalización

Operador: mantenimiento preventivo, correctivo de nivel 1 y 2.

Externalización: mayor inspección y revisión, mantenimiento correctivo de nivel 3 a 5.

Apoyo logístico

Oficinas de mantenimiento en los talleres y unas en estaciones de ubicación estratégica para las intervenciones y almacenes intermedios de repuestos.

Taller eléctrico para la inspección y mantenimiento de pequeños equipamientos.

Una plataforma de pruebas del disyuntor de alta velocidad del circuito de tracción.

MANTENIMIENTO DEL TERCER RIEL

Predicción de mantenimiento preventivo

El control periódico del tercer riel y limpieza básica de aisladores son básicamente las operaciones de mantenimiento.

Ciclo de 1 mes al inicio, adaptado en función de la evolución del material (corrosión, deformación física).

Predicción de mantenimiento correctivo

Los daños producidos por cortocircuitos y sobrecargas pueden ser reparados de forma rápida reemplazando un tramo corto de contacto (2 metros).

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

MANTENIMIENTO DEL VIADUCTO

El viaducto no requiere mantenimiento específico, especialmente correctivo.

Predicción de mantenimiento preventivo

Los primeros años, los constructores requieren una visita más frecuente para asegurar que no haya asentamientos de los pilares.

Ciclo de 6 meses al inicio, adaptado en función de la evolución y conclusiones de las inspecciones.

También se requiere una visita más pormenorizada en caso de accidente entre un camión y un pilar del viaducto. Generalmente, el constructor requiere una inspección sistemática después un accidente de ese género.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA VÍA FÉRREA

La descripción en detalle de la vía se indica en los documentos de diseño. Los principales componentes son:

- El riel;
- La fijación;
- La aguja;
- El tope.

Esperanza de la vida

Para el objetivo de planificación, la esperanza de la vida de los componentes de sistema de vía debe ser de 30 años.

Mantenimiento preventivo

El régimen de mantenimiento propuesto para la vía está basado en las exigencias de performance (RAMS y otras exigencias de operación), los rasgos de diseño del sistema y la experiencia del proveedor de sistema aprendido de proyectos similares.

A continuación, la tabla identifica el ciclo de mantenimiento preventivo propuesto.

Tarea de mantenimiento preventivo	Ciclo	Nivel
Inspección visual de la vía, la fijación, y aguja de la línea principal	1 mes	1 y 2
Inspección visual de la vía, la fijación, y aguja de las vías de talleres	1 mes	1 y 2
Inspección detallada del sistema de fijación de la línea principal	trimestral	2
Inspección detallada del sistema de fijación de las vías de talleres	trimestral	2
Prueba ultrasónica del rail y aguja de la línea principal	6 meses	3
Prueba ultrasónica del rail y aguja de los talleres	6 meses	3
Inspección detallada de agujas y Topes de los talleres	1 año	3
Alineación de la vía, inspección de irregularidad. línea principal	1 año	3
Alineación de la vía, inspección de irregularidad. Talleres	1 año	3

Predicción de mantenimiento preventivo sistemas de Vía Férrea

En complemento de las inspecciones regulares, el mantenimiento debe identificar y evaluar las ubicaciones claves de la alineación.

La información de aquellas evaluaciones será usada como la base para el largo plazo de la estrategia de esmerilado de riel. El carril localizado sobre la sección directa de pista o curvas de radio planas necesitará la molienda cuando un problema específico se hace evidente en estas áreas.

El mantenimiento preventivo para la línea principal y del taller será programado separadamente para encontrar las necesidades operacionales.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Mantenimiento correctivo

Requieren el mantenimiento correctivo siempre que la anomalía sea encontrada durante la inspección visual de carriles, sistema de fijación del carril y agujas, inspección ultrasónica detallada sobre los carriles e inspecciones de geometría de la vía. Los trabajos de mantenimiento correctivos incluyen el esmerilado de riel, el reajuste de las agujas, el nuevo apretamiento del sistema de fijación o el remplazo de los carriles.

Estrategia de externalización

Tomando en consideración la naturaleza del trabajo de mantenimiento y el impacto sobre el servicio en caso de incidente, una posibilidad sería de externalizar aquellos trabajos con altas exigencias de habilidad como la molienda de carril, la prueba ultrasónica y rastrear la medida de geometría etc.

Apoyo logístico

Serán necesarios en los talleres:

- Almacén de carriles;
- Área de carga y descarga para el tren de trabajo;
- Locomotora y vagones para el 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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

EQUIPAMIENTOS DE TALLERES

Mantenimiento preventivo

Los equipamientos requeridos de mantenimiento preventivo serán definidos por los proveedores. De momento el operador intervendrá solamente a los niveles 1 tanto para el mantenimiento preventivo como correctivo.

Mantenimiento correctivo

Es función de los objetivo RAMS. La intervención es de nivel 2 para cambiar el LRU defectuoso. La reparación del LRU la realizará el proveedor del equipamiento.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS

Son:

- Ascensores;
- Escaladoras mecánicas;
- Sistema de control medioambiental;
- Sistema de plantas elevadoras de aguas.

Estos sistemas, con la excepción del sistema de elevadoras de aguas tienen un impacto importante en los pasajeros si no funcionan correctamente. Es necesario que el equipo defectuoso sea puesto en servicio lo más rápidamente posible. Esta función se asociará al equipo móvil de intervención.

Por otro lado, el mantenimiento preventivo y la reparación de estos equipos específicos serán realizados por los proveedores.

Así, se propone la estrategia de mantenimiento siguiente:

Tareas	Responsabilidad	Nivel
Limpieza	Externalizado	1
Mantenimiento preventivo	Proveedor	1 y 2
Mantenimiento correctivo	El operador Bogotá	1
Reparación	Proveedor	2 a 5

Operaciones de mantenimiento electromecánicos

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

TRENES O VEHICULOS DE MANTENIMIENTO

Los vehículos de mantenimiento pueden ser comprados o alquilados por Metro de Bogotá.

Estos son:

- Tractor diésel con grúa;
- Remolque con grúa;
- Remolque;
- Carro de grabadora de vía;
- Maquina esmerilada de riel (alquilada).

Se añade:

- Sistema de hidra limpieza;
- Sistema enrollador y desollador de cables.

Opciones:

- Maquina aspiradora de plataforma;
- Máquina de limpieza del riel (AP);
- Máquina de soldadura del riel.

Los vehículos de mantenimiento preventivo serán definidos por los proveedores.

Se recomienda que El operador constituya el peritaje para mantener estos vehículos a los niveles 1 y 2, externalizando los demás niveles.

Mantenimiento de los vehículos en el taller de motor diésel.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

MANTENIMIENTO DE SOFTWARE Y FIRMWARE

La política de mantenimiento de software se define con las actividades de software realizadas para cada tipo y nivel de mantenimiento y los recursos requeridos para realizar el mantenimiento de software.

Se debe destacar aquí que las pruebas del software y del sistema (pruebas de regresión y pruebas de funcionamiento) tras el mantenimiento, son críticas para asegurar la integridad del sistema.

Nivel de mantenimiento de software y firmware

tipo	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4 y 5
Correctivo	Comprobar la acción del operador	Detectar software defectuoso	Identificación y rectificación de software defectos incluyendo la modificación del código fuente, recopilación y pruebas.
	Comprobación de diagnósticos y supervisando la demostración para determinar si el equipo trabaja correctamente y localizar fracasos. Esto puede ser realizado con alarmas y diagnóstico de instalaciones.	Investigación detallada y diagnóstico del comportamiento del software defectuoso	Soporte técnico adicional
	Reanudar servidor o software	Cargando, recargando, reinstalando software o cambio de computador	Actualizando, reinstalación, reconstruyendo software
	Sospecha software defectuoso	Comunicar con el proveedor	
Preventivo	Comprobación funcional	Gestión del sistema	Comprobación del desempeño
	Instalación de varios soportes	Análisis de los registros	Actividades de renovaciones
	Back-up periódico	Comprobación funcional detallada	
		Comprobación del desempeño y sintonía de parámetros	
		Respaldo de filas	
		Mantenimiento de archivos	
Cargamento, instalación de nueva versión, etc.			
Mejora	No aplicable	Cambio menor al sistema o software para adaptarse nueva exigencia de capacidad	Cambio de configuración
			Funcionalidad adicional
			Mayor renovación

Niveles de mantenimiento de software y firmware

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Recursos

recurso	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4 y 5
Personal	Técnico con conocimiento general sobre computadores	Técnico de apoyo o ingeniero familiarizado con hardware detallado y con los principios del software	Ingeniero de software
Formación	Conocimiento general sobre sistema, sistema de diagnóstico y alarmas, procedimiento simple para el mantenimiento	Conocimiento profundo del sistema. Destreza en la utilización de equipos de diagnósticos	Especialista experto en un sistema dado. Capaz de reparar y de desplegar ese sistema
Procedimiento	Simple	Más complejos	Procedimiento complejos y utilización de estándares específicos
Documentación	Ligado al procedimiento	Utilización de documentos as-built y manuales de operación y mantenimiento	Sistema de documentación existente
Repuestos	Cantidad especificado y configurado de LRU	Repuesto necesario para reparaciones menores	Repuestos detallados
Instrumentos y equipos de pruebas	Conjunto mínimo	Instrumentos y equipos de pruebas detallados. Capaz de utilizar plataforma de pruebas o de desarrollo	Especialista de desarrollo y de equipamiento de pruebas
Ubicación	Línea	Taller	Proveedor

Recursos para mantenimiento de software y firmware

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Se requiere la externalización de la gestión de los sistemas de información, como un servicio definido con el objetivo de una integración de un conjunto de servicios básicos, para encomendar a un proveedor de servicios informáticos todo o parte del sistema de información (IS) de un cliente, como parte de un contrato de varios años, en alzado, con un nivel definido de servicio y por período determinado.

Esta externalización de la gestión y explotación del IS a un proveedor no debe ser puntual, inscribiéndose en la duración de manera a superar la fuerte problemática de gestión de la obsolescencia. De esta forma se disfruta de la puesta en común de los recursos especializados del proveedor en su actividad principal, que no es la del operador de metro. Permite así reducir los costes, y garantizar un nivel de desempeño constante en adecuación con los estándares actualizados.

Se aconseja una externalización completa del sistema de información en el caso del Metro de Bogotá.

APÉNDICE 4 : Sistema MMIS: Sistema de información para la gestión del mantenimiento

Generalidad

El Sistema de Información de Gestión del Mantenimiento (MMIS en inglés para Maintenance Management Information Solution/System) ayuda a la División de Mantenimiento a organizar los trabajos de mantenimiento y proporciona al personal de mantenimiento asistencia en su toma de decisiones. El MMIS se utilizará para alcanzar los objetivos de mantenimiento en el ámbito de:

- Control financiero, mediante el conocimiento adecuado de los costes detallados y el uso de los recursos, lo que permite tomar decisiones de compensación adecuadas;
- Resultados técnicos, mediante un seguimiento eficaz de la información técnica;
- Programación y organización eficiente de las actividades;
- Calidad mediante el cumplimiento de los requisitos de trazabilidad ISO y la entrega de información técnica actualizada al personal de mantenimiento;
- Resultados de mejora, a través de indicadores globales adecuados que permiten detectar tendencias y mejorar continuamente el desempeño del mantenimiento;
- Mejora de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos mediante una combinación de lo anterior.

La CMMS es uno de los elementos que cumplen los requisitos funcionales de la gestión de la información sobre el mantenimiento, permitiendo al mantenedor adaptar continuamente su actividad en función de los resultados observados. La CMMS es, por tanto, uno de los componentes del MMIS.

Resumen del sistema

El MMIS proporciona una plataforma informatizada centralizada que incorpora la gestión de activos, el sistema de planificación y los sistemas de datos y análisis con el fin de permitir un trabajo de mantenimiento oportuno, eficiente, preciso y simplificado. El hardware central estará ubicado en el Centro de Control de Operaciones (CCO).

Los terminales se ubicarán adecuadamente en las bases de mantenimiento, los depósitos, las estaciones y los talleres de todo el sistema. Además, se han desplegado servidores locales en las bases de mantenimiento y en los depósitos para permitir la continuidad del funcionamiento durante el modo degradado. El MMIS realiza el análisis de los datos relacionados con el trabajo de mantenimiento. Se utilizarán dos métodos de adquisición de datos; los datos se recogen a través de la red o se introducen manualmente en un terminal del MMIS.

El personal de Control de Operaciones tendrá acceso a determinadas funciones y adquirirá información del MMIS.

El MMIS es un sistema completo para la función de gestión del mantenimiento y necesita tener un grado de integración para proporcionar a la alta dirección indicadores de desempeño.

Las principales funciones del MMIS son:

- Seguimiento de la configuración del sistema y gestión de activos;
- Planificación, programación y control del mantenimiento y de las obras nuevas;
- Control de incidencias técnicas y análisis de tendencias;
- Gestión de recursos;

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

- Gestión de materiales;
- Control de costes y presupuestario;
- Supervisión de la disponibilidad y la confiabilidad.

Los sistemas también deben proporcionar:

- Evaluación de las operaciones y control de la disponibilidad del sistema (por ejemplo, horas de funcionamiento, control de la confiabilidad);
- Incluido el sistema de interfaz de información de mantenimiento del subsistema;
- Interfaz y acceso a la documentación técnica almacenada electrónicamente.

El MMIS se interconectará con otros sistemas, como los sistemas de supervisión, como el SCADA, los módulos de predicción y el sistema de señalización (la interconexión con el material rodante se realizará mediante el enlace de datos a través del sistema de radio). Para apoyar esta función se utilizan otros tres subsistemas. Se trata del Servidor de Base de Datos de Eventos Común (CEDS Common Event Database Server), el Servidor de Información del Tren (TIS Train Information Server) y el Servidor de Archivos Común (CFS Common File Server).

Los objetos que gestiona el MMIS son los siguientes:

- Material rodante;
- OCS;
- Sistema de alimentación;
- Wayside E&M Systems;
- Sistema de señalización;
- Sistema de comunicación;
- Simulador de conducción;
- MMIS (en sí mismo);
- Vía, Civil y otros.

Estructura y funciones del sistema

Estructura del sistema

Los elementos de software del MMIS constarán de las siguientes partes principales:

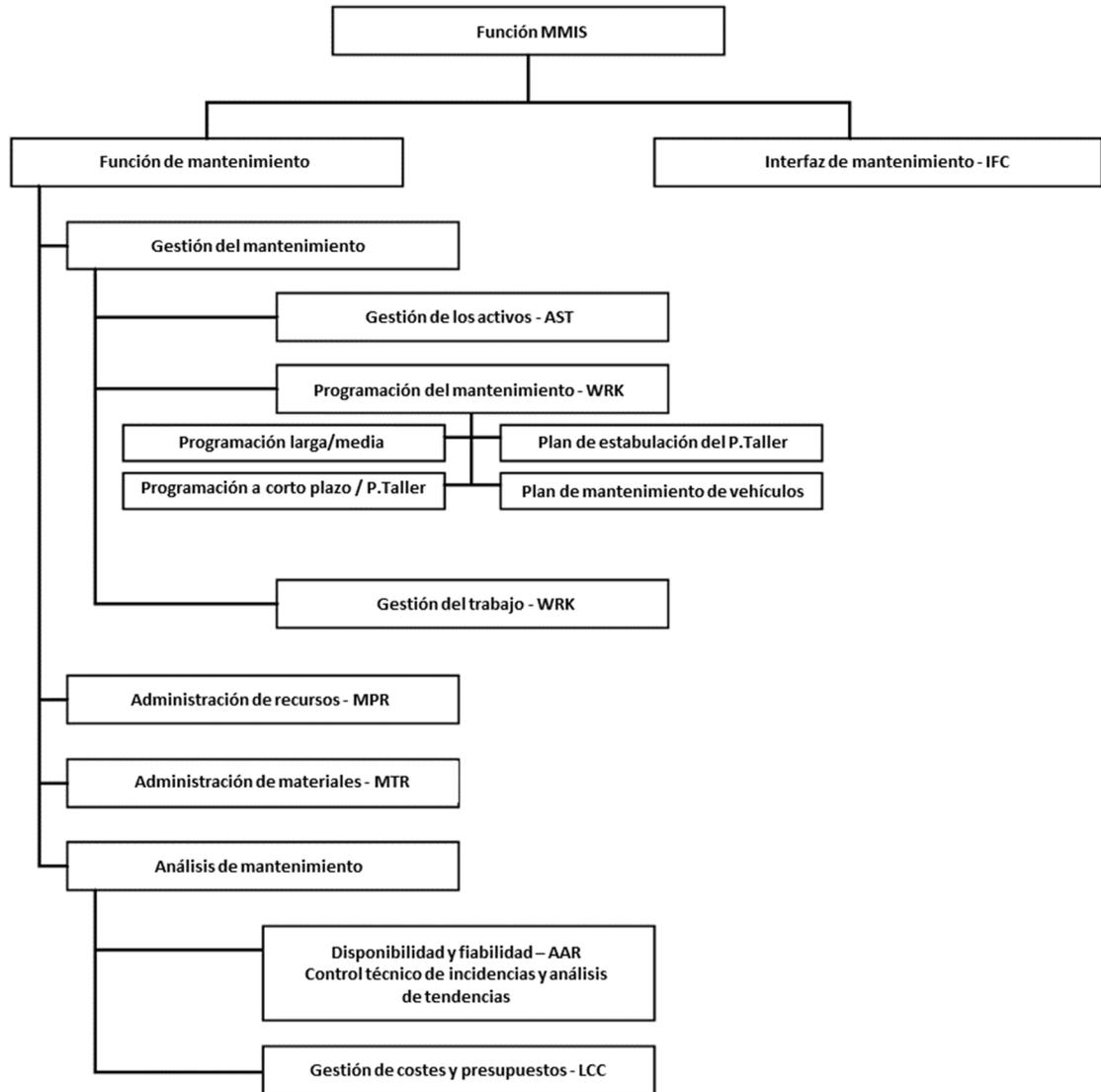
- Función de mantenimiento:
 - Gestión del mantenimiento;
 - Gestión de recursos;
 - Gestión de materiales;
 - Análisis de mantenimiento.
- Interfaz de mantenimiento.

La función de mantenimiento se basa principalmente en el software estándar, que proporciona la generación y el seguimiento de las órdenes de trabajo. La configuración del software se muestra en la siguiente ilustración.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Ilustración 7: Configuración del software MMIS



Funciones del sistema

A través de los elementos de software o una combinación de ellos descritos anteriormente, el MMIS realizará o ayudará a realizar las siguientes actividades:

A. Gestión de activos:

Esta función proporciona una descripción física y técnica de los subsistemas y sus componentes. A lo largo de la vida útil del sistema, mantiene un seguimiento de la ubicación física de los principales componentes y de su estado, incluido el momento en que se almacenan, se descartan o se envían a reparar.

El objetivo de esta función es tener un registro actualizado de los activos gestionados por el MMIS, rastrear las modificaciones en su configuración y hacer un seguimiento de su estado de mantenimiento (estado de la orden de trabajo asociada) de cada elemento significativo (LRU), componente o sistema. La gestión de activos también se utiliza como base para optimizar el coste del ciclo de vida de cada activo.

El MMIS genera la información de gestión de activos. La información incluye información física y técnica sobre cada componente de los subsistemas (incluido el seguimiento de la configuración del sistema "registro histórico de la configuración").

B. Programación del mantenimiento y gestión de recursos:

La función de programación y gestión de recursos de mantenimiento permite la creación de nuevos tipos de tareas de mantenimiento, así como la preparación de órdenes de trabajo estándar para tareas de mantenimiento programadas y no programadas. La planificación, la programación y el control están vinculados a la disponibilidad de repuestos y a los recursos del taller (herramientas, equipos de prueba, vehículo de mantenimiento, grúa, etc.).

Este módulo analiza la disponibilidad de recursos para evitar una planificación conflictiva. También registra el nivel de utilización de los recursos, tanto de los equipos de mantenimiento como de la mano de obra. Las órdenes de trabajo sirven como registros de trabajo, comprobaciones para la vuelta al servicio de los equipos y seguimiento de la calidad. Estas órdenes de trabajo se aplican a cualquier nivel de mantenimiento que se realice en la organización. La función de programación del mantenimiento incluye las siguientes funciones:

- Programación del mantenimiento a largo/medio/corto plazo;
- Asignación de personal de mantenimiento (listas de personal de mantenimiento);
- Gestión de recursos de mantenimiento;
- Plan de vehículos de mantenimiento;
- Plan de ocupación de las vías.

La información personal del personal de mantenimiento necesaria para la asignación de recursos humanos será gestionada por el MMIS.

C. Gestión de trabajos de mantenimiento:

La función apoya la gestión de los trabajos de mantenimiento. Esta función también permite que los trabajos de mantenimiento se realicen de forma eficiente según el plan previsto en la Planificación del Mantenimiento.

La gestión de los trabajos de mantenimiento debe realizarse mediante la emisión y el seguimiento de órdenes de trabajo.

- Órdenes de trabajo (WO Work Order)

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

Las órdenes de trabajo son el núcleo de la gestión del mantenimiento. Una orden de trabajo especifica una tarea concreta que debe llevarse a cabo, así como la mano de obra, los materiales y las herramientas necesarias para realizar el trabajo. Cuando el usuario crea una orden de trabajo en el MMIS, inicia el proceso de gestión del mantenimiento y crea un registro histórico del trabajo realizado.

Cada orden de trabajo en el MMIS tiene un estado que indica su posición en el ciclo de procesamiento de la orden de trabajo. Las órdenes de trabajo pueden crearse con diferentes estados dependiendo de la aplicación que se utilice para crearlas o generarlas.

En el MMIS, el proceso de las órdenes de trabajo es el siguiente:

- i. La orden de trabajo se genera a partir de la programación del mantenimiento preventivo o de los eventos (alarma), o de la solicitud de trabajo;
- ii. Una persona responsable aprueba la orden de trabajo;
- iii. Se emite la orden de trabajo ejecutable

- Especificaciones de trabajo (planos)

El módulo "Planes" de la función MMIS se utilizará para crear especificaciones de trabajo.

Los trabajos de mantenimiento preventivo suelen ser trabajos repetitivos que se realizan para que los equipos sigan funcionando con normalidad. El módulo de Planes permite al usuario crear plantillas estándar de tareas, mano de obra, materiales, herramientas e información de seguridad necesaria para completar un trabajo. El uso de estas plantillas evita la necesidad de introducir repetidamente la información relacionada con el trabajo y la seguridad.

El módulo de Planes incluye:

- i. Planes de trabajo - Para crear una descripción detallada de cómo se va a realizar un trabajo,
- ii. Planes de seguridad - Para crear un plan detallado de cómo dar servicio a los equipos o lugares de forma segura.

D. Gestión de materiales:

La función de gestión de materiales se basa en un sistema estándar de gestión de inventarios. Está interconectada con las órdenes de trabajo y la gestión de activos.

Es una fuente primaria de información para la organización del suministro de repuestos y herramientas.

El MMIS puede identificar e informar automáticamente de los artículos que se deben comprar y recomendar la cantidad de compra. Los artículos a comprar se deciden durante la supervisión de la construcción, y se modificarán durante el funcionamiento.

El departamento de compras ajusta la cantidad de recompra de acuerdo con el aspecto económico del precio proporcionado por los fabricantes.

El MMIS también almacena la lista de fabricantes sobre mercancías calificadas y sustituidas. La lista se actualiza periódicamente en función de los datos del fabricante añadidos o eliminados, que se facilitan desde el Departamento de Control y Garantía de Calidad.

El MMIS puede rastrear el estado de la entrega de la mercancía mediante los números de serie para cumplir con la normativa relacionada con el plan de garantía de calidad.

El precio medio y el último precio de compra se registrarán en el MMIS. A continuación, el MMIS enviará los pedidos a los fabricantes sólo después de que el personal del departamento de compras los haya aprobado.

El personal del departamento de Garantía de Calidad introducirá manualmente la información "Calificado y sustituido" según su criterio.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

E. Gestión de la disponibilidad y la confiabilidad:

El MMIS gestionará la información sobre disponibilidad y confiabilidad (AAR Availability And Reliability).

La información del informe anual de actividades incluye lo siguiente:

- Disponibilidad;
- Confiabilidad (confiabilidad de los equipos);
 - MTBF;
 - MTTR.
- Información técnica sobre incidentes; y,
- Información sobre el material rodante (fallos en la calidad de la misión)

Además, se recoge y calcula la siguiente información:

- a. Número de trenes que circulan diariamente;
- b. Kilometraje diario total de cada tren;
- c. Registro de defectos;
- d. Puntualidad de los servicios con análisis de las causas de los retrasos.

F. Control de incidencias técnicas y análisis de tendencias:

Este módulo realiza el registro y el análisis de las averías y el desempeño del subsistema. Se utiliza como base de datos para el análisis de tendencias y como base de conocimientos para la resolución de problemas.

El análisis de tendencias (análisis de fallos) es el proceso mediante el cual el ingeniero examina el historial de fallos del equipo notificados durante un periodo de tiempo significativo.

Los informes de fallos de los equipos o las ubicaciones pueden utilizarse para buscar tendencias de averías, Tiempo promedio entre fallos, etc.

Al correlacionar esta información sobre fallos con otros datos disponibles, por ejemplo, el mantenimiento preventivo programado para un equipo o ubicación, el ingeniero puede desarrollar formas de reducir o limitar las averías del equipo en el futuro.

Por ejemplo, podría querer revisar el programa de mantenimiento preventivo, o podría identificar elementos defectuosos.

El sistema DRACAS (Data Recording And Corrective Action System) es un sistema habitual de notificación en bucle cerrado que requiere que cada fallo notificado se analice desde el punto de vista de la mantenibilidad y la confiabilidad y, si es necesario, se siga con una acción correctiva.

Todos las averías y averías de los equipos y las medidas correctoras se registrarán en el MMIS.

La hoja de registro del DRACAS se levantará y mantendrá para cada fallo del equipo.

Las hojas de registro del DRACAS se almacenan en la base de datos del MMIS y servirán de apoyo a los ingenieros para su análisis.

G. Gestión de costes y presupuestos:

Este módulo realiza la función de información de gestión de alto nivel, como el análisis estadístico y de recuento, con el fin de supervisar adecuadamente todo el contenido de las obras.

La función de análisis del MMIS ofrece todo un conjunto de funciones de gestión del funcionamiento del sistema. Analiza los datos de cada sistema conectado y, a continuación, obtiene el resultado estadístico de todo el sistema y, además, supervisa el estado de funcionamiento.

El módulo de gestión de costes y presupuestos proporciona a los usuarios del MMIS un conjunto de funciones para:

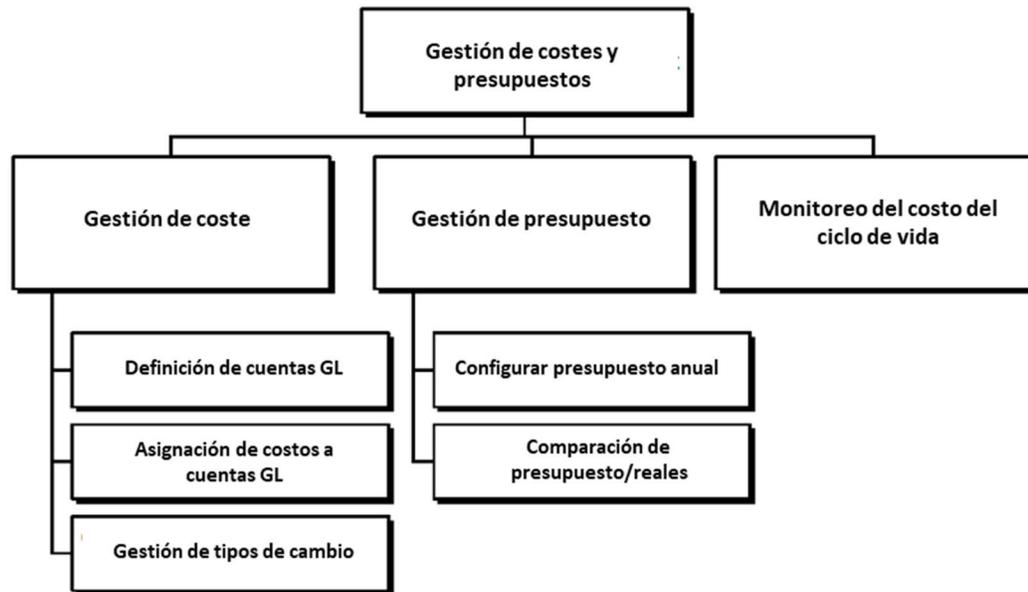
REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA EXTENSIÓN DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100, DE ACUERDO CON LAS DEFINICIONES ESTABLECIDAS EN EL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 163 DE 2019

ENTREGABLE 5 - PLAN DE MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

- Seguimiento de los costes de mantenimiento (de mano de obra, material, herramientas);
- Establecer y seguir el presupuesto de mantenimiento;
- Controlar el coste del ciclo de vida de los equipos (LCC).

A continuación se presenta el desglose funcional de la gestión de costes y presupuestos:

Ilustración 8: Desglose funcional de la gestión de costes y presupuestos



La gestión de costes consta de las siguientes subfunciones:

- Definición de las cuentas GL;
El MIS (función contable) gestiona todas las cuentas del GL (General Ledger o libro mayor). Todas las cuentas del libro mayor y los periodos financieros se definen en el sistema contable MIS, y luego se transfieren al MMIS a través de la interfaz MMIS/MIS.
Para poder interactuar con el MIS, el MMIS permite almacenar las cuentas del Libro Mayor.
- Asignación de las operaciones de mantenimiento a las cuentas del libro mayor;
Esta función realiza las dos acciones siguientes:
 - Asigne cuentas GL por defecto a entidades como WO, órdenes de compra (PO Purchase Order), empresas, etc., basándose en reglas simples como la prioridad entre las cuentas GL asociadas con la ubicación, el equipo, etc.

- Registre las transacciones en las tablas específicas del MMIS con su fecha/hora, cuenta GL de débito, cuenta GL de crédito, importe, etc. Por lo tanto, en una transacción intervienen dos cuentas de tesorería (una cuenta de débito y otra de crédito).
- Gestión de los tipos de cambio.
El MMIS permitirá definir los tipos de cambio con una fecha de inicio y otra de finalización. Los tipos de cambio están en una moneda base (moneda local). Por ejemplo, se pueden introducir los tipos de EURO/moneda local, USD/moneda local, etc.
Las tarifas serán enviadas al MMIS por el MIS a través de la interfaz MMIS/MIS.
La gestión presupuestaria consta de las siguientes subfunciones.
 - Configurar el presupuesto anual de mantenimiento;
El MMIS debería ofrecer una función para establecer el presupuesto anual de mantenimiento (presupuesto de trabajo preliminar) por ejercicio financiero y cuenta de mayor valor (por ejemplo, departamento) antes del comienzo del año.
Este presupuesto de trabajo preliminar para el año siguiente se basa en los costes de mantenimiento correctivo (CM) del año anterior (ajustados) y los costes de mantenimiento preventivo (PM) programados. Este presupuesto se transmite al MIS a través de la interfaz MMIS/MIS. Tras la revisión del presupuesto por parte del Comité de Revisión del Presupuesto, el presupuesto final aprobado se transmitirá al MMIS desde el MIS a través de la interfaz MMIS/MIS.
El presupuesto aprobado recibido del MIS puede ser de "alto nivel", es decir, global para todas las actividades de mantenimiento. En ese caso, los usuarios del MMIS encargados del presupuesto tendrán que desglosar manualmente este presupuesto global en categorías más detalladas correspondientes a las cuentas del Libro Mayor (por ejemplo, PM, CM, etc.).
También se proporcionará la definición de la versión del presupuesto y la función de datos iniciales correspondiente.
 - Comparación entre los datos reales y los datos presupuestarios;
El MMIS ofrece una función para comparar los costes de mantenimiento reales con los presupuestados, y permite al usuario investigar las diferencias (afinando la búsqueda a través de la estructura de cuentas del libro mayor). Por ejemplo Importe de cada código de cuenta GL (departamento), tipo de trabajo (PM, CM, etc.), importe del coste de la mano de obra, importe del coste del material, importe del coste del contrato, importe del coste de la herramienta. Se pueden utilizar datos adicionales para hacer comparaciones, como la frecuencia de operación de los trenes, los kilómetros de operación de los trenes, las horas de operación de los trenes.
 - Control del coste del ciclo de vida;
Esta función tiene como objetivo capturar todos los costes relevantes asociados a los equipos a lo largo de su ciclo de vida, ya sea manualmente para los parámetros de costes configurables o automáticamente para los costes activos. Los costes activos se basan en las órdenes de trabajo cerradas.
Esta función calcula el coste total del ciclo de vida (LCC) a lo largo de la vida útil del equipo de forma anual o mensual. Los costes calculados se registran a través del módulo de seguimiento del LCC.
Esta función proporciona también algunos informes para ayudar al usuario en el proceso de identificación de activos "erróneos", así como en la toma de decisiones de sustitución de activos.
Estos LCC incluyen el coste de adquisición, explotación, mantenimiento y, en su caso, eliminación/terminación de la vida útil.

El MMIS calcula periódicamente el LCC para cada equipo creado desde el módulo de gestión de activos. Se trata de un proceso ascendente.

Se tendrán en cuenta los costes de adquisición, funcionamiento, mantenimiento y eliminación definidos en la Estructura de Desglose de Costes (EDC o CBS en inglés para Cost Breakdown Structure) y el número de periodos transcurridos desde la primera instalación del equipo.

El MMIS calcula periódicamente también el LCC medio de cada equipo creado desde el módulo de gestión de activos.

Hardware

Los siguientes elementos se integrarán en el MMIS:

- El hardware y el software necesarios para realizar las funciones descritas anteriormente, incluyendo el/los procesadores/es principal/es, los terminales, las estaciones de trabajo, los lectores de códigos de barras, el dispositivo personal PDA, las impresoras (para la impresión de informes), los trazadores y los medios de almacenamiento de datos;
- Creación del Sistema de Red Distribuida para el acceso a los datos del MMIS en las cercanías (incluyendo oficinas, áreas de mantenimiento, almacenes y talleres).

El cable entre la sala de equipos y el edificio debe ser de fibra óptica.

- Los enlaces entre los sitios (depósitos y estaciones) deben realizarse a través de canales dedicados en la red común (syDTS de sonido),
- Es necesario recoger cierta información de los sistemas no inteligentes. Esto incluirá los defectos no detectados por los sistemas informáticos, los trabajos de mantenimiento realizados y las entradas e informes de defectos en las infraestructuras dañadas. Se proporcionarán facilidades para introducir estos datos de forma conveniente, utilizando códigos de barras y lectores ópticos de códigos de barras cuando sea posible.

Interfaz del sistema

El MMIS está conectado con los siguientes subsistemas y obtiene datos de ellos:

- Material rodante: por ejemplo, el sistema de autodiagnóstico de trenes proporciona registros de averías para que los terminales remotos los descarguen;
- Sistema de comunicación: proporciona registros de fallos para que los terminales remotos los registren y accedan a ellos;
- Sistema de control de tráfico y sistema de señalización: proporcionando registros de kilometraje, horas de funcionamiento, alarmas y fallos del sistema de señalización, etc.;
- SCADA: proporciona registros de fallos en el suministro eléctrico, etc.;
- Banco de datos de archivos tecnológicos y de mantenimiento, que se guardan como archivos electrónicos en el sistema de publicación electrónica;
- Todos los diagramas, esquemas, archivos de mantenimiento y lista gráfica de componentes para uso del departamento de mantenimiento se guardarán en forma de archivos electrónicos. Habrá un sistema 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

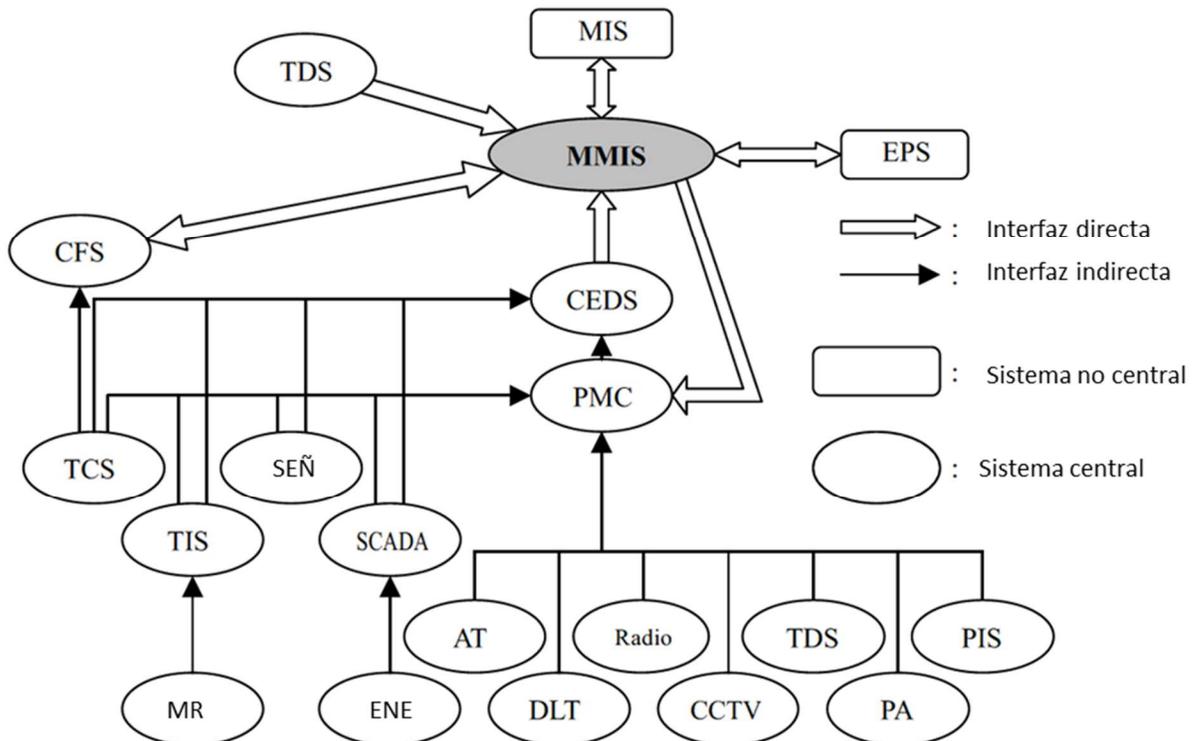
ENTREGABLE 5 - PLAN DE MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

publicación electrónica independiente responsable de la gestión y el desarrollo de estos archivos. No obstante, todos los expedientes podrán ser consultados a través del MMIS. Así, una vez asignado un trabajo, un operador podrá comprobar e imprimir el procedimiento correspondiente. Se instalará una herramienta de búsqueda en el sistema para facilitar la comprobación. Se instalarán monitores e impresoras en la zona de trabajo para uso del personal.

Resumen de la interfaz

El resumen de la interfaz del MMIS se muestra en la siguiente ilustración:

Ilustración 9: Resumen de la interfaz del MMIS



Conexiones

Los sistemas que intercambiarán información con el MMIS deberán conectarse utilizando el siguiente tipo de interfaz:

- Interfaz de datos LAN: Topología LAN estándar (como Ethernet), que utiliza el protocolo TCP/IP, UDP/IP o de aplicación. Este tipo de interfaz debe utilizarse para la conexión entre el MMIS y otros sistemas.

Operaciones del sistema

Las actividades de mantenimiento se llevarán a cabo incluso en el caso de

- El DTS no está disponible (Data Transmission System);
- Pérdida del sistema MMIS.

Deben proporcionarse varios niveles de redundancia para permitir el funcionamiento continuo en modo degradado. En caso de fallo del DTS, los servidores locales de cada Depósito proporcionarán apoyo a su respectivo Depósito. El servidor local puede emitir órdenes de trabajo e introducir los resultados de las órdenes de trabajo previamente asignadas a ese depósito. Además, en los servidores locales se almacenan los datos relativos a la mano de obra y los materiales/herramientas disponibles en cada Depósito.

En caso de fallo del servidor principal, la funcionalidad completa del MMIS debe proporcionarse cambiando al servidor de reserva. Si ambos sistemas fallan, los servidores locales pueden proporcionar una funcionalidad parcial, como se ha descrito anteriormente. Si se produce una avería total de todos los servidores del MMIS, aún será posible realizar las actividades de mantenimiento. En los lugares clave se almacenarán copias impresas de las versiones actuales de los manuales de mantenimiento y del plan de trabajo. En el resto de ubicaciones, se almacenarán copias impresas de las versiones más actuales de los manuales de mantenimiento y de las órdenes de trabajo que sean necesarias para cada ubicación.

Además, debe impartirse formación cuando se revisen los procedimientos de mantenimiento de los equipos críticos.

Comprobación cruzada

Debe desarrollarse un procedimiento que permita realizar comprobaciones cruzadas para garantizar que todas las órdenes de trabajo se generan correctamente. Este procedimiento se llevará a cabo periódicamente tras la implantación del sistema para garantizar que se toman las medidas adecuadas para todas las alarmas importantes. Por ejemplo, se puede considerar la comparación de la lista de órdenes de trabajo emitidas con el registro de las principales alarmas almacenadas en el sistema de supervisión.

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 MANTENIMIENTO PRELIMINAR (PMP)
EPLMB-EML-E5-PMP-0001_R1

APÉNDICE 5 : Extracto del Apéndice Técnico 11 – Indicadores de Operación y Mantenimiento del Contrato de Concesión No. 163 de 2019 asociado a los indicadores de mantenimiento del contrato de concesión.

A continuación se presenta el extracto de los indicadores de mantenimiento descritos en el *Apéndice Técnico 11 – Indicadores de Operación y Mantenimiento* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019:



Apéndice Técnico
11 - Indicadores de

3. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Los indicadores de Mantenimiento serán el reflejo de la capacidad del Concesionario para cumplir, durante la Fase de Operación y Mantenimiento, con los objetivos RAM asignados a la PLMB.

Definición de la abreviatura RAM: Reliability – Availability – Maintainability

Lo que significa en español: Confiabilidad – Disponibilidad – Mantenibilidad

Con base en la norma EN 50126 que, para aplicaciones ferroviarias, define requisitos de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad de un sistema. El Concesionario deberá demostrar el cumplimiento de los objetivos RAM de la PLMB durante la vigencia del Contrato de Concesión.

3.1 Definición de los objetivos RAM: Confiabilidad-Disponibilidad-Mantenibilidad

Los valores de los objetivos RAM de la PLMB se encuentra definidos en el Apéndice Técnico 9.

3.2 Categorías de falla consideradas para los subsistemas de la PLMB

Las fallas de los subsistemas de la PLMB deberán contabilizarse y clasificarse según las siguientes categorías, de forma decreciente siendo la Categoría III la de mayor gravedad:

Tabla 6. Categorías de falla consideradas par los subsistemas de la PLMB

Categoría	Falla	Descripción	Criterio Cuantitativo
III	Significativa	Falla técnica que impide el movimiento del Tren y/o provoca un retraso en el servicio.	Retraso > 5 min
II	Importante	Falla técnica que impide el movimiento de los Trenes y/o que provoca un retraso en el servicio.	Retraso ≤ 5 min.
I	Menor	Falla técnica que no limita la disponibilidad operacional o rendimiento especificado de la PLMB.	Sin retraso sobre la operación de la PLMB

3.3 Disponibilidad Global Técnica del Sistema de Transporte

Para calcular la Disponibilidad Global Técnica del Sistema de Transporte (Dgtst) se deberá seguir la siguiente fórmula:

$$Dgtst = \prod_{i=1}^n Dtsti$$

Dónde:

Dgtst: Es la Disponibilidad Global Técnica del Sistema de Transporte, es el producto de las Disponibilidades Técnicas de los Subsistemas del Sistema de Transporte, a saber:

- Subsistema de Vías Férreas;
- Subsistema de Control y Supervisión (SCS);
- Subsistema de Alimentación en Energía;
- Sistema de Señalización/Control de Trenes;
- Subsistema Puertas de Andén o Plataforma;
- Subsistema de Telecomunicaciones (Sistema de Red multiservicios (RMS), Sistema de Cronometría, Sistema de Gestión de Operadores (SGO), Sistema de Telefonía/Interfonía (TEL), Sistema de Grabador de Voz, Sistema de Red Banda Ancha (RBA), Sistema de Información a los Pasajeros (SIP), Sistema de Difusión de publicidad (DDP), Sistema de Video vigilancia (CCTV), Sistema de Anuncio a Pasajero (SAP), Sistema de Control de Acceso y Alarmas (SCA), Sistema de IHM de comunicaciones (IHM));
- Subsistema de Radiocomunicaciones (Radio TETRA);
- Subsistema Material Rodante;
- Subsistema de Peaje/Control de Acceso.

Dtsti: Es la Disponibilidad Técnica del Subsistema de transporte i.

Las disponibilidades mínimas y los objetivos RAM de cada subsistema del Sistema de Transporte de la PLMB se definen en el Apéndice Técnico RAMS.

Los objetivos de Disponibilidad Global Técnica del Sistema de Transporte de la PLMB (*ODGST*), se definirán progresivamente en los periodos de tiempo establecidos en la tabla 6; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, contados a partir de la suscripción del Acta de Terminación de la Fase de Pruebas, Certificaciones y Puesta en Marcha:

Tabla 7. Progresión del objetivo de Disponibilidad Técnica del Sistema Integral de la PLMB

Periodo	Objetivo de Cumplimiento de la Disponibilidad Global Técnica del Sistema de Transporte (<i>ODGST</i>)
Al inicio de la Puesta en Operación Comercial	≥ 98,00%
6 meses después de la Puesta en Operación Comercial	≥ 98,50%
12 meses después de la Puesta en Operación Comercial	≥ 98,75 %
24 meses después de la Puesta en Operación Comercial	≥ 99,00 %

Para calcular el Índice de Cumplimiento de los Indicadores de Operación y Mantenimiento (ICOM) se debe relacionar el *ODGST* correspondiente de acuerdo con la tabla 6; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y seguir las condiciones establecidas en el apartado cálculo del índice de cumplimiento de los indicadores de operación y mantenimiento del trimestre calendario de este Apéndice Técnico.

3.4 Disponibilidad Técnica de los Equipos de Acceso y Equipos de Patio Taller

[ID_BOG_IOM_033];

El Concesionario deberá dar cumplimiento, a partir de la suscripción del Acta de Terminación de la Fase de Pruebas, Certificaciones y Puesta en Marcha, a los objetivos de Disponibilidad técnica para los grupos de ascensores, escaleras y equipos de Patio Taller que se requieren a continuación.

Tabla 8. Disponibilidad Técnica de los Equipos de Acceso y Equipos de Patio Taller

Subsistema	Objetivo de Cumplimiento de la Disponibilidad Técnica de los Equipos de Acceso y Equipos de Patio Taller
Grupo de Ascensores que dan acceso a una plataforma en una estación	99,701 %
Grupo de Escaleras mecánicas que dan acceso a una plataforma en una estación	99,119 %
Equipos de Talleres y Cocheras	99,823 %

[END]

3.5 Indicadores en relación con las estaciones de Transmilenio

[ID_BOG_IOM_034];

El indicador del mantenimiento de las estaciones de Transmilenio (*ICMETM*) incluirá los conceptos de evaluación de la condición y del cumplimiento de los tiempos máximos de respuesta para el mantenimiento correctivo, de acuerdo con la tabla 9. El objetivo de cumplimiento del mantenimiento de las estaciones de Transmilenio (*OCMETM*) corresponde al 100%.

Tabla 9. Indicadores Mantenimiento estaciones Trnasmilenio

Concepto	Indicador
Cumplimiento del estado de condición de las estaciones de Transmilenio (<i>NCCET_i</i>)	70%
Cumplimiento de los tiempos máximos de respuesta del mantenimiento correctivo (<i>NCTR_i</i>)	30%

[END]

3.5.1 Calificación del cumplimiento del estado de condición de las estaciones de Transmilenio:

[ID_BOG_IOM_035];

La Interventoría o quien designe la EMB verificará cada Trimestre Calendario, el nivel de cumplimiento del *NCCET_i* y evaluará el cumplimiento del Concesionario, en relación con las obligaciones definidas en el Contrato de Concesión y en el Apéndice Técnico 10. El cumplimiento del estado de condición de las estaciones de Transmilenio se medirá semanalmente en cada uno de los vagones, verificando las condiciones establecidas en el Anexo 1 del Apéndice Técnico 10. Si cualquiera de estas condiciones no se cumple en el vagón de medición, se considera que el vagón no cumple con el estado de condición requerido. De acuerdo con lo anterior, el nivel de cumplimiento del *NCCET_i* se determinará a través de la siguiente fórmula:

$$NCCET_i = \frac{\text{Número de vagones que cumple el estado de condición}}{\text{Total de vagones}}$$

Una vez contabilizado el indicador, se promediarán los valores obtenidos semanalmente, para determinar el nivel de cumplimiento de las obligaciones relacionadas con el estado de condición de las estaciones de Transmilenio en el trimestre calendario i.

[END]

3.5.2 Calificación del cumplimiento del tiempo de respuesta:

[ID_BOG_IOM_036];

La Interventoría o quien designe la EMB verificará cada Trimestre Calendario, el nivel de cumplimiento del *NCTR* y evaluará el cumplimiento del Concesionario en la atención de las ordenes de mantenimiento correctivo sobre las estaciones de Transmilenio en el tiempo de respuesta máximo definido en el Anexo 1 del Apéndice Técnico 10.

Para realizar esta evaluación, el Concesionario deberá proporcionar el número de órdenes de servicio registradas en el sistema MMS durante el trimestre calendario i y el momento en el cual estas fueron atendidas por el Concesionario. Una vez obtenida dicha información, se dividirá el número de órdenes que fueron atendidas dentro del tiempo máximo de repuesta entre el número total de órdenes que fueron reportadas durante el trimestre calendario i.

$$NCTR_i = \frac{\text{Número de órdenes que fueron atendidas dentro del tiempo máximo}}{\text{Total de órdenes reportadas}}$$

[END]

3.5.3 Medición del indicador

[ID_BOG_IOM_037];

La determinación del cumplimiento del indicador de cumplimiento del mantenimiento de las estaciones de Transmilenio (*ICMETM*) para el Trimestre Calendario i se obtendrá a partir de la siguiente fórmula:

$$ICMETM_i = ((NCCET_i * 70\%) + (NCTR_i * 30\%))$$

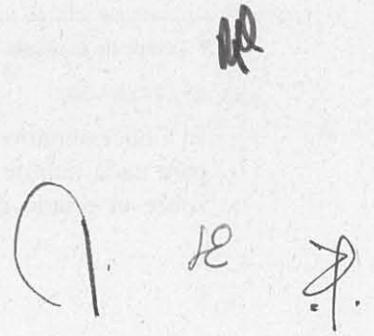
[END]

3.6 Indicadores en relación con otras infraestructuras no ferroviarias

El alcance de las obras y labores de Mantenimiento que deberán ejecutarse por parte del Concesionario a las infraestructuras no ferroviarias incluidas dentro del alcance del Proyecto, durante el periodo contemplado para ello entre el momento de recibo de cada Unidad de Ejecución y el Periodo 1 de Reversión Parcial establecido en el Apéndice Técnico 18.

El listado mínimo de infraestructuras no ferroviarias incluidas dentro del alcance de la concesión es el siguiente:

- vías y estructuras de pavimento;
- espacio público;
- urbanismo;
- puentes vehiculares;
- puentes peatonales;
- pasos peatonales deprimidos;



- obras menores;
- obras de intersecciones especiales;
- obras complementarias

El indicador del mantenimiento de otras infraestructuras no ferroviarias incluirá los conceptos de evaluación del estado de condición y del cumplimiento de los tiempos máximos de respuesta para el mantenimiento correctivo, el objetivo de cumplimiento del mantenimiento de la infraestructura no ferroviaria (*OCMINF*) corresponde al 100%.

Considerando que el mantenimiento de las Unidades Ejecución de Infraestructura no Ferroviaria a cargo del Concesionario involucra tres (3) tipos de infraestructuras, se han determinado los siguientes capítulos y pesos que afectarán para estimar el Índice de Cumplimiento de Mantenimiento de infraestructura no ferroviaria:

Tabla 10. Capítulos de mantenimiento y porcentajes de valoración para índice de cumplimiento

Capítulo	Criterio	Peso específico (Pe)		
		Estado de condición	TDR* Mantenimiento correctivo	Total
1	Mantenimiento de Vías y Estructuras de Pavimento: Calzadas mixtas y de Transmilenio del corredor, vías de acceso a patio, bocacalles y conectantes incluyendo señalización vertical de las calzadas y vías anteriormente mencionadas.			50.00%
	Limpieza de sumideros	4%	2%	
	Pavimento en concreto hidráulico	20%	5%	
	Pavimentos en concreto asfáltico	15%	4%	
2	Mantenimiento de Urbanismo y Espacio Público.			30.00%
	Andenes y plazoletas (Mobiliario urbano)	13%	3%	
	Ciclorrutas	4%	2%	
	Puentes peatonales	5%	3%	
3	Mantenimiento de otras estructuras.			20.00%
	Puentes vehiculares	10%	3%	
	Box culverts	5%	2%	
	TOTAL			100,00%

* Tiempo de Respuesta

[ID_BOG_IOM_038];

El Concesionario deberá entregar un informe trimestral tanto fotográfico como en video para cada una de las Unidades de Ejecución, que contenga la información recolectada sobre el estado de condición, junto con los formatos de registro de inspección y de

NA
 se
 P.

acciones correctivas, las listas de chequeo y copia de las auditorías internas de calidad establecidas en el plan de mantenimiento no objetado por la Interventoría y la EMB.

Adicionalmente, como requisitos para la firma del Acta de Reversión Parcial de esta infraestructura, el Concesionario deberá entregar un documento a la EMB y a la Interventoría, en el cual resuma los informes trimestrales y la medición de cada uno de los indicadores del presente Apéndice Técnico durante el periodo en el cual tenga a cargo las labores de mantenimiento de estas infraestructuras.

Todas las actividades de mantenimiento que interfieran con la operación de Transmilenio deberán coordinarse con la EMB quien realizará las gestiones ante Transmilenio y el IDU. Así mismo, la señalización temporal durante las obras y labores de Mantenimiento, deberá afectar lo menos posible la operación de Transmilenio y se deberá acordar al plan de trabajos y desvíos autorizados previamente por Transmilenio.

[END]

3.6.1 Calificación del estado de condición

3.6.1.1 Mantenimiento de vías y estructuras de pavimento

[ID_BOG_IOM_039];

Como parte del informe trimestral, la Interventoría o quien designe la EMB presentará la calificación del estado de condición trimestralmente, mediante la evaluación el nivel de cumplimiento del estado de condición de cada criterio, realizando una verificación del cumplimiento de las obligaciones contenidas en el Anexo 2 del Apéndice Técnico 10 para cada criterio de la Unidad de Ejecución trimestralmente.

La Calificación obtenida para cada Criterio (CC) se multiplicará por peso (Pe) asignado en la tabla 11. La CC para cada ítem a evaluar se determinará por medio de la siguiente formula:

$$CC_j = \frac{\text{Número de UE que cumplen con el estado de condición}}{\text{Total de Unidades de Ejecución}}$$

Tabla 11. Pesos de los criterios de mantenimiento de vías y estructuras de pavimento – Estado de Condición

Criterio	Pe estado de condición
Limpieza sumideros	4%
Pavimento en concreto hidráulico	20%
Control de sellado de juntas	6%
Mediciones de transferencia de carga	6%
Determinación del nivel de deterioro superficial en las losas de Pavimento en Concreto Hidráulico	8%
Pavimento en concreto asfáltico	15%
Nivel de deterioro superficial	7%
Evaluación de la resistencia al deslizamiento	4%
Evaluación de la rugosidad	4%

[END]

3.6.1.2 Mantenimiento de Urbanismo y Espacio Público

[ID_BOG_IOM_040];

Como parte del informe trimestral, la Interventoría o quien designe la EMB presentará la calificación del estado de condición trimestralmente, mediante la evaluación del nivel de cumplimiento del estado de condición de cada criterio, realizando una verificación del cumplimiento de las obligaciones contenidas en el Anexo 2 del Apéndice Técnico 10 para cada criterio de la Unidad de Ejecución.

La Calificación obtenida para cada Criterio (CC) se multiplicará por peso (Pe) asignado en la tabla 12. La CC para cada ítem a evaluar se determinará por medio de la siguiente fórmula:

$$CC_j = \frac{\text{Número de UE que cumplen con el estado de condición}}{\text{Total de Unidades de Ejecución}}$$

Tabla 12. Pesos de los criterios de mantenimiento de urbanismo y espacio público - Estado de Condición

Criterio	Pe estado de condición
Andenes y plazoletas (Mobiliario urbano)	13%
Ciclorrutas	4%
Puentes peatonales	5%

[END]

3.6.1.3 Mantenimiento de otras estructuras.

[ID_BOG_IOM_041];

Como parte del informe trimestral, la Interventoría presentará la calificación del estado de condición trimestralmente, mediante la evaluación el nivel de cumplimiento del estado de condición de cada criterio, realizando una verificación del cumplimiento de las obligaciones contenidas en el Anexo 2 del Apéndice Técnico 10 para cada criterio de la Unidad de Ejecución.

La Calificación obtenida para cada Criterio (CC) se multiplicará por peso (Pe) asignado en la tabla 13. La CC para cada ítem a evaluar se determinará por medio de la siguiente fórmula:

$$CC_j = \frac{\text{Número de UE que cumplen con el estado de condición}}{\text{Total de Unidades de Ejecución}}$$

Tabla 13. Pesos de los criterios de mantenimiento de otras estructuras – Estado de Condición

Criterio	Pe estado de Condición
Puentes vehiculares	10%
Box culverts	5%

[END]

3.6.2 Calificación del tiempo de respuesta para el mantenimiento correctivo:

3.6.2.1 Mantenimiento correctivo de vías y estructuras de pavimento

[ID_BOG_IOM_042];

La interventoría o quien designe la EMB verificará el cumplimiento del tiempo de respuesta del Concesionario en la atención de las ordenes de mantenimiento correctivo sobre las vías y estructuras de pavimento en el tiempo de respuesta máximo definido en el Anexo 2 del Apéndice Técnico 10.

Para otorgar esta calificación, se deberá verificar el número de órdenes de servicio registradas en el sistema MMS durante el trimestre calendario i y el momento en el cual estas fueron atendidas por el Concesionario. Una vez obtenida dicha información, se dividirá el número de órdenes que fueron atendidas dentro del tiempo máximo de repuesta entre el número de órdenes que fueron reportadas durante el trimestre calendario i.

$$CC_{j_i} = \frac{\text{Número de órdenes que fueron atendidas dentro del TDR máximo}}{\text{Total de órdenes reportadas}}$$

Tabla 14. Pesos de los criterios de mantenimiento de vías y estructuras de pavimento – Mantenimiento Correctivo

CRITERIO	Pe TDR* Mantenimiento correctivo
Limpieza sumideros	2%
Pavimento en concreto hidráulico	5%
Control de sellado de juntas	1%
Mediciones de transferencia de carga	1%
Determinación del nivel de deterioro superficial en las losas de Pavimento en Concreto Hidráulico	3%
Pavimento en concreto asfáltico	4%
Nivel de deterioro superficial	2%
Evaluación de la resistencia al deslizamiento	1%
Evaluación de la rugosidad	1%

* Tiempo de respuesta
[END]

3.6.2.2 Mantenimiento correctivo de Urbanismo y Espacio Público

[ID_BOG_IOM_043]:

La interventoría o quien designe la EMB verificará el cumplimiento del tiempo de respuesta del Concesionario en la atención de las ordenes de mantenimiento correctivo sobre el urbanismo y el espacio público en el tiempo de respuesta máximo definido en el Anexo 2 del Apéndice Técnico 10.

Para otorgar esta calificación, se deberá verificar el número de órdenes de servicio registradas en el sistema MMS durante el trimestre calendario i y el momento en el cual estas fueron atendidas por el Concesionario. Una vez obtenida dicha información, se dividirá el número de órdenes que fueron atendidas dentro del tiempo máximo de repuesta entre el número de órdenes que fueron reportadas.

$$CC_{j_i} = \frac{\text{Número de órdenes que fueron atendidas dentro del TDR máximo}}{\text{Total de órdenes reportadas}}$$

Tabla 15. Pesos de los criterios de mantenimiento de urbanismo y espacio público - Mantenimiento Correctivo

Criterio	Pe TDR* Mantenimiento correctivo
Andenes y plazoletas (Mobiliario urbano)	3%
Ciclorrutas	2%
Puentes peatonales	3%

ME
se
2/11

* Tiempo de respuesta
[END]

3.6.2.3 Mantenimiento correctivo de otras estructuras

[ID_BOG_IDM_044];

La interventoría o quien designe la EMB verificará el cumplimiento del tiempo de respuesta del Concesionario en la atención de las ordenes de mantenimiento correctivo sobre las otras estructuras en el tiempo de respuesta máximo definido en el Anexo 2 del Apéndice Técnico 10.

Para otorgar esta calificación, se deberá verificar el número de órdenes de servicio registradas en el sistema MMS durante el trimestre calendario *i* y el momento en el cual estas fueron atendidas por el Concesionario. Una vez obtenida dicha información, se dividirá el número de órdenes que fueron atendidas dentro del tiempo máximo de respuesta entre el número de órdenes que fueron reportadas en el trimestre calendario *i*.

$$CC_{j_i} = \frac{\text{Número de órdenes que fueron atendidas dentro del TDR máximo}}{\text{Total de órdenes reportadas}}$$

Tabla 16. Pesos de los criterios de mantenimiento de otras estructuras – Mantenimiento Correctivo

Criterio	Pe TDR* Mantenimiento correctivo
Puentes vehiculares	3%
Box culverts	2%

* Tiempo de respuesta
[END]

3.6.3 Medición del indicador

[ID_BOG_IDM_045];

La determinación cumplimiento del indicador de cumplimiento del mantenimiento de la infraestructura no ferroviaria (*ICMINF_i*) se obtendrá a partir de la siguiente fórmula:

$$ICMINF_i = \sum_{j=1}^n CC_j * Pe \text{ estado de condición} + \sum_{j=1}^n CC_{j_i} * Pe \text{ TDR mtto correctivo}$$

Donde,

n: criterios de calificación

CC_j: calificación del criterio del estado de condición

CC_{j_i}: calificación del TDR máximo del mantenimiento correctivo

[END]