



**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 8
SUPERESTRUCTURA DE VÍA**

Documento No. EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

Elaborado por:



ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

CONTROL DE CAMBIOS

ÍNDICE DE MODIFICACIONES (Para uso de la Asesoría)

Versión	Fecha	Sección modificada	Observaciones
A	09-05-2022	-	Versión inicial
B	05-07-2022	-	Actualizado según comentarios Interventoría y EMB
C	21-07-2022	-	Actualizado según comentarios Interventoría y EMB
D	12-08-2022	-	Actualizado según comentarios Interventoría y EMB
0	01-09-2022	-	Versión aprobada

ÍNDICE DE MODIFICACIONES (Para uso de FDN)

Versión	Fecha	Sección modificada	Observaciones

REVISIÓN Y APROBACIÓN (Para uso de la Asesoría)

Preparó: <i>Pedro Henrique Stech</i> P. Stech 01-09-2022	Revisó:  A. Alves 01-09-2022	Revisó:  F. Sanchez C. 01-09-2022	Aprobó:  M. Cermesoni 01-09-2022
Especialista en superestructura de vías férreas	VoBo. Coordinación SYS	VoBo. Coordinador Técnico	VoBo. Director Técnico

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

REVISIÓN Y APROBACIÓN (Para uso de FDN)

Juan Camilo Pantoja Vela 01-09-2022
Gerente de Estructuración

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCI3N	8
1.1	MARCO CONTRACTUAL	9
1.2.	CONTEXTO DE LA PLMB Y DE LA PLMB-TRAMO 1	10
1.3.	MARCO LEGAL	12
2.	GENERALIDADES	13
2.1	ALCANCE	13
2.2	DESCRIPCI3N GENERAL DEL PROYECTO Y DEL TRAZADO	13
3.	NORMATIVIDAD T3CNICA APLICABLE	18
4.	REQUISITOS DE DISEñOS GENERALES DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA DE LA EPLMB	21
4.1	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE CONCEPCI3N DE LAS VÍAS FÉRREAS	21
4.2	CONDICIONES CLIMÁTICAS	21
4.3	FUNCIONES PRINCIPALES DE LAS VÍAS FÉRREAS	22
4.4	VIDA ÚTIL DE LOS COMPONENTES	22
4.5	T3CNICAMENTE PROBADO	22
4.6	REFERENCIA NORMATIVA	23
4.7	TRAZADO DE LAS VÍAS FÉRREAS	23
4.7.1	Línea y Ramal t3cnico (Trazado en planta)	23
4.7.2	Perfil longitudinal	25
4.8	ANCHO DE VÍA	26
4.9	GÁLIBOS	26
4.10.	RUIDOS Y VIBRACIONES	33
4.11	INTERFAZ RIEL-RUEDA	34
4.12	DATOS DE INTERFAZ	35
4.11.1.	INTERFAZ CON EL MATERIAL RODANTE	35
4.11.2.	INTERFAZ CON LA ESTRUCTURA	36
4.11.3.	INTERFAZ CON EL SISTEMA DE ALIMENTACION ELECTRICA DE TRACCION	36
4.11.4.	INTERFAZ CON LOS AUTOMATISMOS	37
5.	DESCRIPCI3N DEL TRAZADO DE LA EPLMB-TRAMO 1	38
5.1.	DESDE EL MONUMENTO A LOS HÉROES HASTA LA CALLE 87 – PRIMER TRAMO (DE PK 23+740 A 24+720)	38

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_RO

5.2.	DESDE LA CALLE 87 HASTA LA CALLE 97 – SEGUNDO TRAMO (DE PK 24+720 A 25+840)	41
5.3.	DESDE LA CALLE 97 HASTA LA ESTACI3N N°19-CALLE 100 – TERCER TRAMO (DE PK 25+840 A 27+100)	44
6.	SUPERESTRUCTURA DE VÍA DE LA EXTENSI3N PLMB-TRAMO 1	50
6.1	MATERIALES DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA VÍA F3RREA	50
6.1.1.	CONCRETO DE VIA	51
6.1.2.	RIEL	51
6.1.3	SISTEMA DE FIJACI3N DE RIEL	53
6.1.4.	SOLDADURAS	57
6.1.4.1.	Pruebas en Laboratorio y en campo:	58
6.1.4.2.	Verificaci3n de geometría	58
6.1.4.3.	Control por ultrasonidos	58
6.1.5.	CONTRARIEL	59
6.1.6.	JUNTAS AISLANTES	60
6.1.6.1.	Ensayos	61
6.1.7.	DISPOSITIVO DE FIN DE VIA	62
6.1.7.1.	TOPE DE VÍA DESLIZANTE DE FRICCI3N	63
6.1.7.2.	TACO M3VIL DE PARADA	63
6.1.8.	CAMBIAVÍAS (APARATOS DE VÍA – ADV)	64
6.1.9.	APARATOS DE DILATACI3N (AD)	67
6.1.10.	TERCER RIEL	68
6.1.11.	OTROS COMPONENTES DE LA VÍA F3RREA	69
6.2	PRUEBAS DE LOS COMPONENTES DE LA VÍA Y DEL SUBSISTEMA TERCER RIEL	69
6.3	REALIZACI3N DE LA OBRA	69
6.4	CONTROLES, ENSAYOS Y PUESTA EN SERVICIO	69
	ANEXO 1: PLANTA Y PERFIL GEOMETRICO DE LA SUPERESTRUCTURA DE VIA	70
	ANEXO 2: SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA	70
	ANEXO 3: ESPECIFICACI3N T3CNICA DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA	70
	ANEXO 4: ESTRUCTURAS DE VÍAS F3RREAS	70
	ANEXO 5: APARATOS DE DILATACI3N	70
	ANEXO 6: RIEL DE PERFIL 54E1	70
	ANEXO 7: APARATOS DE VÍA EN LINEA Y RAMAL T3CNICO	70

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACI3N T3CNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

ANEXO 8: LÍNEA Y RAMAL TÉCNICO – ALINEACI3N RECTA	71
ANEXO 9: ESQUEMA DE VÍAS	71
ANEXO 10: ESQUEMA DE VÍAS Y SITUACI3N DE LOS APARATOS DE VÍA	71

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Trazado PLMB-Tramo 1	14
Ilustración 2 - Trazados PLMB y L2MB con punto de interconexión y trazado genérico de la EXT PLMB	15
Ilustración 3 - Plano de vías de la extensión	16
<i>Ilustración 4: Disposición del trazado</i>	17
Ilustración 5 - Gálibo estático adoptado.....	27
Ilustración 6 - Gálibo dinámico adoptado en tramos rectos.....	28
Ilustración 7 - Gálibo dinámico adoptado en tramos curvos	29
Ilustración 8 - Sección transversal para gálibo del tren para tramos rectos y radio > 3000m de la línea.....	30
Ilustración 9 -Sección transversal para gálibo del tren para tramos curvos de radio en planta entre 2500 y 3000m	30
Ilustración 10 -Sección transversal para gálibo del tren para tramos curvos de radio en planta 1500m.....	31
Ilustración 11 -Sección transversal para gálibo del tren para tramos curvos de radio en planta 2000m.....	31
Ilustración 12 -Sección transversal para gálibo del tren para tramos curvos de radio en planta 750m.....	32
<i>Ilustración 13: Vista en planta del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo calle 72-calle 90</i>	38
Ilustración 14 - Perfil longitudinal del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo calle 72-calle 90 – Vía 1.....	40
<i>Ilustración 15 - Perfil longitudinal del primer tramo vía 2</i>	40
Ilustración 16: Vista en planta del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo “nodo calle 92”-calle 100 Sur.....	41
Ilustración 17 - Perfil longitudinal del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo “nodo calle 92”-calle 100 Sur – Vía 1	43
Ilustración 18 - Perfil longitudinal del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo “nodo calle 92”-calle 100 Sur – Vía 2	43
Ilustración 19: Vista en planta del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo calle 100 Norte.....	44
Ilustración 20 - Perfil longitudinal del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo calle 100 Norte – Vía 1	46
Ilustración 21 - Perfil longitudinal del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo calle 100 Norte – Vía 2	47
Ilustración 22: Esquema de línea de plan operacional preliminar de la EPLMB	47
Ilustración 23 - Ancho de vía (mm).....	50
Ilustración 24 – Riel 54E1	53
Ilustración 25 – Contrariel perfil 33C1.....	60
Ilustración 26 - Esquema de línea de plan operacional preliminar de la EPLMB	66
Ilustración 27 - Cambiavías	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Características principales de las vías férreas	21
Tabla 2 - Parámetros de diseño del trazado en planta	24
Tabla 3 - Otros Parámetros relacionados al trazado en planta	24
Tabla 4 - Parámetros del perfil longitudinal	25
Tabla 5 – Alineamiento Horizontal	Error! Bookmark not defined.
Tabla 6 - Alineamiento Vertical	Error! Bookmark not defined.

1. INTRODUCCIÓN

El Contrato Interadministrativo No. 277 de 2021, tiene por objeto “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 este sentido, se debe desarrollar la estructuración de las definiciones técnicas complementarias o modificatorias de los apéndices técnicos de la PLMB-Tramo 1, definidos por Empresa Metro de Bogotá para la licitación internacional que dio lugar a la celebración del Contrato de Concesión No. 163 de 2019, y que resulten necesarias para viabilizar la adición de la extensión hasta la calle 100 con Autopista Norte.

Es importante señalar que, dicha extensión hereda todas las especificaciones técnicas de la PLMB-Tramo 1 plasmadas en los apéndices técnicos del Contrato de Concesión No. 163 de 2019, excepto en aquellos/as infraestructuras, sistemas, subsistemas o elementos en los que explícitamente se deben establecer criterios de diseño distintos a aquellos ya definidos en el marco de la PLMB-Tramo 1. Por lo tanto, todas las infraestructuras, sistemas, subsistemas o elementos que no son modificados por el presente estudio de factibilidad, quedan regulados y definidos por los apéndices técnicos establecidos en el Contrato de Concesión No. 163 de 2019.

En el caso específico de la especificación técnica **ET-08 Superestructura de vía férrea**, aplica el **Apéndice Técnico 5 - Sección 2 - Estructuras de Vías Férreas** el cual se adjunta como anexo del presente documento.

Complementariamente, se señala que en los términos de referencia elaborados como parte de la estructuración integral de la PLMB que dieron como resultado la documentación y apéndices técnicos del Contrato de Concesión No. 163 de 2019, se requerían un conjunto de análisis de alternativas con miras a tomar elecciones técnicas o tecnológicas para la PLMB. Por su parte, los términos de referencia del Contrato Interadministrativo 277 de 2021, se apoyaron en los del Contrato de Concesión, con miras a guardar coherencia pero sin advertir que, en caso de volver a realizar dichos análisis y por tratarse de una extensión de línea, ya no se trataría de hacer una elección tecnológica sino de evaluar la modificación de una tecnología ya adoptada.

Lo anterior es particularmente relevante en el contexto de la estructuración técnica objeto del Contrato Interadministrativo 277 de 2021, que prevé la construcción, suministro, operación y mantenimiento de la adición de la extensión hasta la calle 100 con Autopista Norte del Contrato de Concesión No. 163 de 2019. Igualmente, en caso de variar las definiciones técnicas y tecnológicas del contrato antes citado, se estarían introduciendo cambios sustanciales en la PLMB lo que podría tener impactos importantes en el desarrollo actual de este proyecto.

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. 8 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 "*Superestructura de vía*" y presenta los estudios funcionales y diseños de la estructura de vía férrea de la extensión PLMB-Tramo 1.

El presente informe consta de los siguientes capítulos:

CAPÍTULO 1: Introducción (este capítulo).

CAPÍTULO 2: Descripción general del proyecto y del trazado.

CAPÍTULO 3: Normatividad técnica aplicable.

CAPÍTULO 4: Requisitos de diseños generales de la superestructura de vía de la extensión de la PLMB-Tramo 1.

CAPÍTULO 5: Descripción del trazado de la línea principal.

CAPÍTULO 6: Superestructura de vía de la extensión PLMB-Tramo 1.

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 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:

1. Mediante Decreto Distrital 577 de 17 de diciembre de 2013 se modificó el artículo 1º 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 t3cnicos y econ3micos realizados entre los a3os 2016 y 2017, se expidi3 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 integr3 al anuncio del Proyecto de la PLMB, el Ramal T3cnico de Conexi3n y la localizaci3n 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 restricci3n presupuestal tanto de la Naci3n como de Distrito, la Primera L3nea del Metro de Bogot3 se estructur3 para ser ejecutada en dos tramos as3:

- Tramo 1 comprendido entre el “Patio-taller ubicado en la localidad de Bosa hasta la estaci3n 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 L3nea del Metro de Bogot3 (“PLMB-TRAMO 1”) “(...) iniciar3 desde el patio-taller en la localidad de Bosa, hasta la calle 127” y declar3 “(...) de importancia estrat3gica el proyecto Primera L3nea del Metro para Bogot3 tramo 1 (...)”

De acuerdo con su objeto social, est3 en cabeza de LA EMB adelantar la planeaci3n, estructuraci3n, construcci3n, operaci3n, explotaci3n y mantenimiento de las l3neas f3rreas y de metro que hacen parte del Sistema Integrado de Transporte P3blico de Bogot3.

De acuerdo con las definiciones de estudios de ingenier3a 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 extensi3n de la PLMB- TRAMO 1 hasta el sector de la calle 100 con autopista Norte, as3 como realizar la factibilidad t3cnica, legal y financiera de la misma.

LA EMB determin3 la necesidad de llevar a cabo la extensi3n de la PLMB-TRAMO 1 hasta el sector de la calle 100 con autopista norte tomando como referencia, en t3rminos generales, las especificaciones t3cnicas del Contrato de Concesi3n No. 163 de 2019 suscrito entre LA EMB y Metro L3nea 1 S.A.S. (el “Contrato de Concesi3n No. 163 de 2019”). En este sentido, la EMB requiere analizar y determinar la viabilidad de una adici3n al mencionado contrato de concesi3n desde el punto de vista t3cnico, legal y financiero.

La tipolog3a de la infraestructura de la extensi3n ser3 similar a la desarrollada para la PLMB - TRAMO 1 hasta la calle 72; esto es una tipolog3a 100% en viaducto con los mismos sistemas metroferroviarios, de modo que se logre una l3nea de metro que opere integralmente, incluido el nuevo tramo de la extensi3n.

Dada la necesidad de LA EMB de contar con el an3lisis, estudios y dise3os t3cnicos y financieros para adelantar la extensi3n 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 estructuraci3n t3cnica y financiera de la extensi3n de la PLMB-TRAMO 1 hasta el sector de la calle 100, de acuerdo con las definiciones establecidas en el Contrato de Concesi3n 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 2.1B denominado “*Informe de alternativas de emplazamiento geométrico férreo*” 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 ALCANCE

El sistema de superestructura de vía abarca los siguientes componentes principales:

- Vigas o losas de hormigón armado,
- Perfiles HEB (vías sobre columnas únicamente),
- Rieles de rodadura,
- Sistemas de fijación de los rieles,
- Juntas aislantes encoladas,
- Aparatos de vía,
- Aparatos de dilatación,
- Dispositivos de fin de vía,
- Placas de localización,
- Sistema completo de tercer riel.
- Otros componentes de la vía férrea.

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO Y DEL TRAZADO

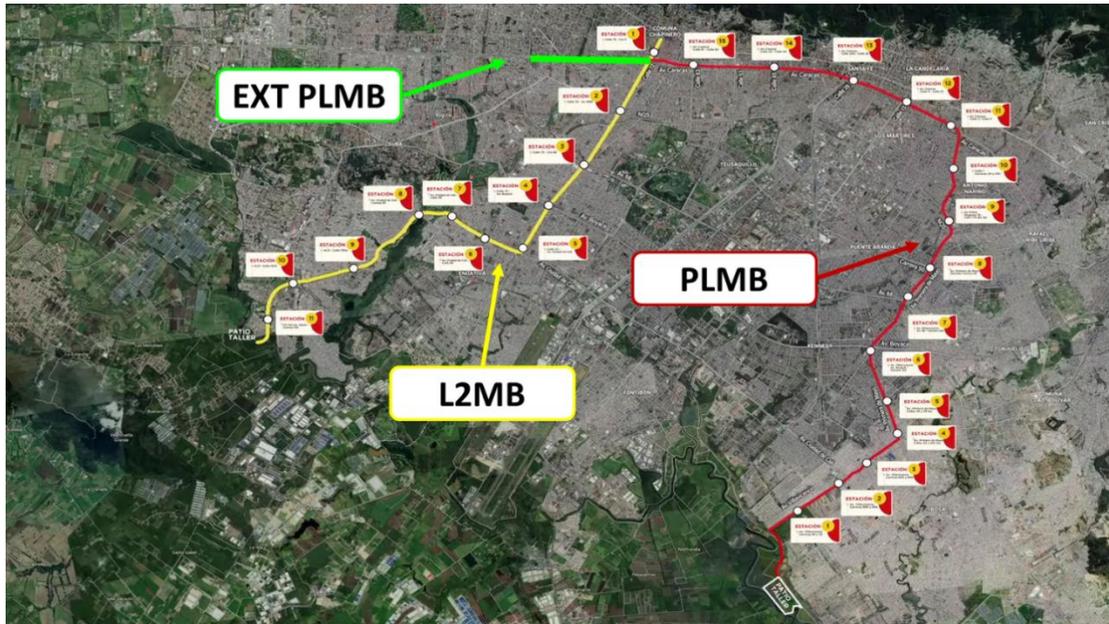
De acuerdo con el documento ETPLMB-ET05-L01-ITE-F-0001_R0, la Primera Línea de Metro de Bogotá tiene su origen al Oeste de Bogotá y se finaliza a proximidad del antiguo monumento Los Héroes, con una longitud total de 23,8 km aproximadamente, de los cuales 2200m de ramal técnico entre la línea y talleres-cocheras.

La totalidad de la línea entre estaciones discurre en viaducto.

El trazado se inicia en el Noroccidente, en la zona de talleres y cocheras (PK Origen) en el Corzo. Luego continúa por la Av. del Tintal, y sigue por la Av. Ciudad de Villavicencio. Después, gira por la Av. 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.

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACI3N T3CNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

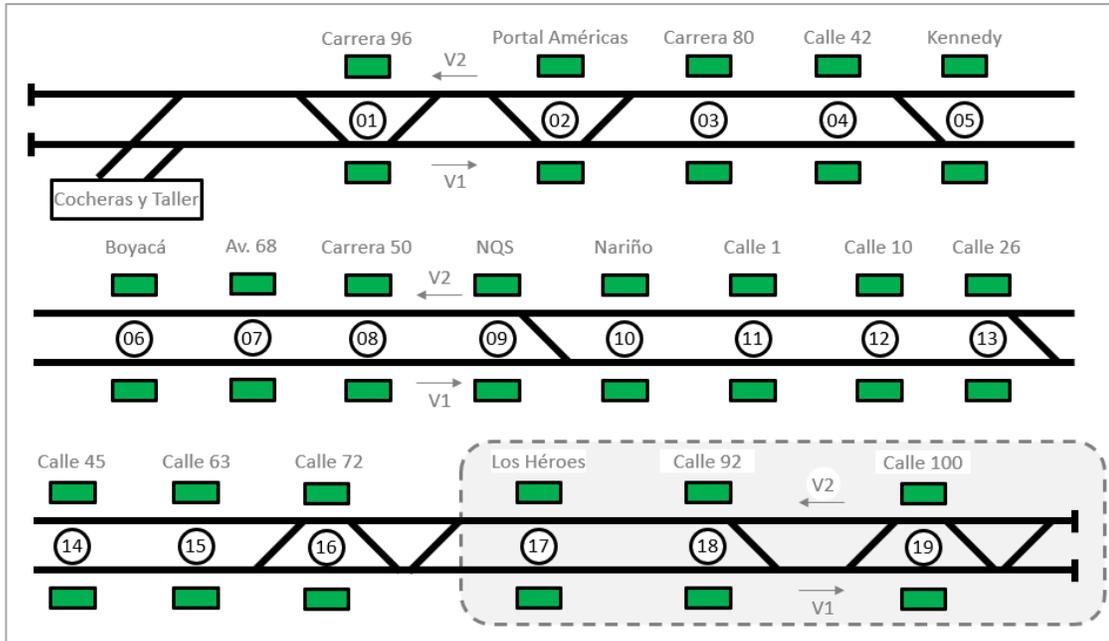


Ilustraci3n 2 - Trazados PLMB y L2MB con punto de interconexi3n y trazado gen3rico de la EXT PLMB

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACI3N T3CNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

A continuaci3n, se presenta la disposici3n general de la alternativa de trazado de la extensi3n PLMB-Tramo 1 seleccionada junto a su esquema de v3as:



Ilustraci3n 3 - Plano de v3as de la extensi3n

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

Se presenta el trazado de la EPLMB 1 en el plano EPLMB-EML-PL-SEV-00-0001_RA y se detalla en la sección 5 del presente documento.



Ilustración 4: Disposición del trazado

Dicho trazado tiene su origen desde el final de la PLMB-Tramo 1 siguiendo el corredor occidental al lado de la Autopista Norte y cuenta con las 3 siguientes ubicaciones de estaciones:

- Estación en calle 82 → Ofrece interconexión con Transmilenio B (estaciones Héroes y Calle 85).
- Estación en el “nodo calle 92” → Cabe precisar que para esta alternativa, el cruce de dicho nodo se realiza por el occidente. Adicionalmente, ofrece interconexión con Transmilenio B (estación Virrey) y futura estación Calle 92 del Regiotram Norte.
- Estación al norte de la calle 100 → Ofrece interconexión con Transmilenio B (estación Calle 106).

3. NORMATIVIDAD TécNICA APLICABLE

A continuación, se presentan las normas y guías que serán tenidas en cuenta para el sistema de superestructura de vía. De manera general, el sistema se diseña conforme con la lista de normas europeas EN, las fichas UIC, así como las normas internacionales y nacionales vigentes indicadas a continuación. Es preciso considerar sistemáticamente la versión más reciente de cada norma.

Rieles:

- EN 13674 Aplicaciones ferroviarias. Vía - Rieles.
 - UIC 721 R Recomendaciones para el empleo de diferentes tipos de aceros para rieles.
 - UIC 860 Especificación técnica para el suministro de rieles.
- UIC 864-4 Especificaciones técnicas para el suministro de eclisas o de perfiles para eclisas en acero laminado.
- UIC 861-2 Perfiles unificados de rieles agujas adaptados a los perfiles de rieles. UIC 54 y 60 kg/m.
 - UIC 864-5 Especificación técnica para el suministro de almohadillas a colocar debajo de los rieles.
 - UIC 864-8 O Perfiles laminados para el material de eclisas para rieles de 54 kg/m y 60 kg/m.

Sistemas de fijación del riel:

- EN 13146 Aplicaciones ferroviarias. Vía métodos de ensayo para los sistemas de fijación.
- EN 13481 Aplicaciones ferroviarias Vía. Prescripciones de rendimiento para los sistemas de fijación.
- EN ISO 225 Elementos de fijación. Tornillo, clavijas y tuercas. Símbolos y designaciones de las dimensiones.
- UIC 864-2 Especificación técnica para el suministro de tornillos de vía en acero.
- UIC 864-4 Especificación técnica para el suministro de eclisas en acero destinadas a la superestructura de la vía.
- UIC 864-5 Especificación técnica para el suministro de almohadillas a poner debajo de los rieles.
- UIC 864-6 Especificación técnica para el suministro de sillan o de perfiles en acero laminado.
- UIC 864-7 Perfiles laminados de sillan para rieles UIC.

Aparatos de vía:

- EN 13232 Aplicaciones ferroviarias. Vía Aparatos de vía.
- EN 13674-2 Aplicaciones ferroviarias. Vía Rieles. Parte 2 : rieles para aparatos de vía utilizados con rieles Vignoles de masa superior o igual a 46 kg/m.
- EN 13674-3 Aplicaciones ferroviarias Vía Riel Contra-riel.
- EN 14587-3 Aplicaciones ferroviarias Vía Soldeo de rieles por chisporroteo Parte 3: soldadura asociada a la fabricación de los corazones de vía.
- EN 13230 Aplicaciones ferroviarias - Riel - Durmientes y soportes de concreto.
- UIC 866 O Especificación técnica para el suministro de piezas moldeadas en acero de manganeso para aparatos de vía.
- UIC 840-2 O Especificación técnica para el suministro de piezas fundidas de acero para tracción y arrastre.

Soldaduras:

- EN 14587 Aplicaciones ferroviarias vía Soldeo de rieles por chisporroteo.
- EN 14730 Aplicaciones ferroviarias Vía. Soldeo de rieles por aluminotermia.
- EN 15594 Aplicaciones ferroviarias Vía. Reparaci3n de rieles por soldadura con arco el3ctrico.
- EN 14587 Aplicaciones ferroviarias Vía Soldeo de rieles por chisporroteo.

Dispositivos de fin de vía:

- EN 15227 Aplicaciones ferroviarias Exigencias en seguridad pasiva contra colisiones para las estructuras de carrocería de vehículos ferroviarios.

Gálibos:

- UIC 505-1 Equipo de transporte ferroviario - Gálibo de construcci3n de material rodante.
- UIC 505-4 Consecuencias de la aplicaci3n de gálibos cinemáticos definidos por las fichas 505 sobre la instalaci3n de los obstáculos en relaci3n con las vías y las vías entre ellas.
- UIC 505-5 Historia, justificaciones y comentarios sobre el desarrollo y evoluci3n de las fichas UIC 505 y 506 que tratan del gálibo.

Aislamiento el3ctrico y conexi3n el3ctrica:

- EN 50122 Aplicaciones ferroviarias Instalaciones fijas Seguridad el3ctrica, puesta a tierra y circuito de retorno.
- EN 60529 Grados de protecci3n procurados por los envoltorios (c3digo IP).
- RETIE Reglamento T3cnico de Instalaciones El3ctricas para la Rep3blica de Colombia.
- NTC 2050 C3digo el3ctrico colombiano.

Construcci3n y mantenimiento:

- EN 13231-1 Aplicaciones ferroviarias Vía Recepci3n de trabajos Parte 1: trabajos de vía balastada Vía corriente y aparatos de vía.
- EN 13231-3 Aplicaciones ferroviarias - Vía - Recepci3n de las obras - Parte 3: Criterios para la aceptaci3n de las obras de reperfilado de rieles en vía.
- EN 13848 Aplicaciones ferroviarias vía Calidad geom3trica de la vía.
- EN 13977 Aplicaciones ferroviarias Vía Prescripciones de seguridad para máquinas portátiles y lorries para la construcci3n y el mantenimiento.
- EN 14033 Aplicaciones ferroviarias Vía Máquinas de construcci3n y de mantenimiento circulando exclusivamente sobre las vías férreas.
- UIC 712 Defectos de rieles.
- UIC 714 Clasificaci3n de vías de líneas desde el punto de vista del mantenimiento de la vía.
- UIC 720 Tendido y mantenimiento de la vía en rieles largos soldados.

Interacci3n Vía/Estructura:

- UIC 774-3 Interacci3n vía/obra Recomendaciones para los cálculos.

Interacci3n Material Rodante/Vía:

- EN 15302 Aplicaciones ferroviarias Métodos de determinaci3n de conicidad equivalente.
- EN 15427 Aplicaciones ferroviarias Gesti3n de fricci3n rueda/riel Lubricaci3n de las secciones de ruedas.

Ruido y Vibraciones:

- EN 15461 Aplicaciones ferroviarias Emisi3n sonora Caracterizaci3n de las propiedades dinámicas de secciones de vía para la medici3n del ruido al pasar.
- ISO3740:2000 Acoustics Determination of sound power levels of noise sources Guidelines for the use of basic standards.
- ISO 9613-1:1993 Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.
- ISO 9613-2:1996 Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation.

Concreto y Acero:

- LRFD CCP 14 Norma Colombiana de Diseño de Puentes - Concreto.
- ACI343.1R-12 Diseño de componentes estructurales de concreto reforzado y preesforzado.
- ACI 318S-11 Diseño de concreto estructural.
- ASTM A 706 Acero de refuerzo.

Plásticos:

- EN ISO 178 Plásticos Determinaci3n de las propiedades de flexi3n.
- EN ISO 62 Plásticos Determinaci3n de la absorci3n de agua.
- EN ISO 527 Plásticos Determinaci3n de propiedades en tracci3n.
- EN ISO 179 Plásticos Determinaci3n de las características al choque Charpy.

Estándar Local:

- Manual de normativa férrea emitido por el Ministerio de Transporte.

Juntas:

- SNCF CT IGEV 602 Juntas Aislantes Encoladas/Pegadas.

4. REQUISITOS DE DISEñOS GENERALES DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA DE LA EPLMB

La superestructura de vía de la EPLMB mantendrá el mismo diseño que aquello desarrollado para PLMB, es decir, que todos los componentes de las vías y de los aparatos de vía, objeto del presente informe, y presentados a continuación, deben cumplir con los siguientes criterios generales:

4.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE CONCEPCI3N DE LAS VÍAS FÉRREAS

Ancho de vía	1435 mm
Perfil de riel	EN 54E1
Inclinaci3n de riel	1/20
Velocidad de diseño Velocidad m3xima	90 km/h 80 km/h
Carga m3xima al eje, rama ocupada	15 t
Pendiente longitudinal m3xima en lnea	3,5%, para una longitud m3xima de 1200 m
Radio m3nimo en planta	200 m (nominal en lnea) 150 m (excepcional en lnea)
Radio m3nimo en alzado	3125 m (nominal) 2500 m (excepcional)
Alimentaci3n tracci3n	3r riel 750 V CC
Tipo de operaci3n	GoA4

Tabla 1 - Características principales de las vías férreas

4.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

La ciudad de Bogotá se ubica a unos 2 600 m de altitud en zona sísmica.

El clima es templado con precipitaciones importantes, en particular en abril-mayo y octubre- noviembre llegando a alcanzar 120 mm por día.

Las temperaturas oscilan entre 7°C y 20°C con una temperatura media anual de 13.5 °C.

Las vías se ubican principalmente en exterior. Por lo tanto, los componentes tendrán que ser resistentes a las radiaciones ultravioletas y a la corrosión.

4.3 FUNCIONES PRINCIPALES DE LAS VÍAS FÉRREAS

El subsistema de vía férrea tiene que garantizar las siguientes funciones o características principales:

- Proporcionar una rodadura y guiado del material rodante en seguridad,
- Considerar el plan de operación definido,
- Asegurar el confort de los pasajeros,
- Resistir a las fuerzas verticales, longitudinales y transversales (masa de los trenes, fuerzas de guiado, fuerzas de frenado y de aceleración, fuerzas que resulten de la interfaz vía/estructura, fuerzas térmicas, fuerzas accidentales etc.),
- Asegurar la alimentación eléctrica de las ramas,
- Asegurar un alto nivel de aislamiento eléctrico frente a las estructuras adyacentes,
- Asegurar un drenaje y una evacuación rápida de las aguas pluviales,
- Reducir al mínimo los impactos sobre el medio ambiente próximo en cuanto a los ruidos y las vibraciones,
- Tener un buen mantenimiento y rápidamente reparable en caso de descarrilamiento de un tren,
- Integrar las exigencias del material rodante en lo relativo a trazado y gálibos, Permitir el correcto comportamiento del viaducto (dilatación);
- Los componentes utilizados para su construcción deben ser fiables y haber sido probados sobre otras redes.

4.4 VIDA ÚTIL DE LOS COMPONENTES

Los componentes de la vía (rieles, sistemas de fijación, cambiavías, juntas aislantes pegadas/encoladas, etc.), del subsistema tercer riel y las estructuras en concreto (vigas y losas de concreto reforzado) que se realizarán en el marco de las obras de vía férrea deberán diseñarse con el fin de soportar las condiciones climáticas y las condiciones de servicio a las que estarán sometidas. Deben tener una vida útil mínima (sin necesitar un mantenimiento importante o una sustitución):

- Las estructuras en concreto (vigas y losas de concreto reforzado) : 100 años,
- Todos los componentes de la vía (rieles, sistemas de fijación, aparatos de vía, juntas aislantes pegadas/encoladas, etc.): 30 años.
- Todos los componentes del subsistema tercer riel: 30 años.

Se consideran estas duraciones de vida útil siempre y cuando las operaciones de mantenimiento sean efectuadas siguiendo estrictamente las recomendaciones de los proveedores.

Las vías deben diseñarse y construirse con el fin de reducir al mínimo los costes de mantenimiento, garantizando al mismo tiempo su realización y las características exigidas tanto de comodidad como de seguridad.

4.5 TÉCNICAMENTE PROBADO

Los principales componentes de vías férreas, aparatos de vía y tercer riel tendrán que haber demostrado su funcionamiento completo en condiciones similares de servicio en otra red de metro durante mínimo 5 años.

Los proveedores tendrán que demostrar la fiabilidad de los componentes de acuerdo con los criterios de funcionamiento.

4.6 REFERENCIA NORMATIVA

Ver sección 3 del presente documento.

4.7 TRAZADO DE LAS VÍAS FÉRREAS

4.7.1 Línea y Ramal técnico (Trazado en planta)

Las características del trazado de las vías férreas en línea y en el ramal técnico se indicarán en el documento del entregable 4 del Contrato Interadministrativo 277 de 2021: Diseño geométrico férreo.

Los parámetros de diseño del trazado en planta se presentan en la siguiente tabla:

Parámetro	Valores recomendados	Valores excepcionales
Ancho de vía	1435 mm	
Radio mínimo en planta	400 m (*)	160 m (*)
Radio mínimo en estación	Recta	
Longitud mínima elemento (recta, curva, clotoide)	20 m	
Longitud mínima de andén en estación	150 m	
Longitud mínima de alineación restante en estación	180 m	180 m
Intereje	3.48 m en recta y radios R > 900m 3.71m en radios R ≤ 900 m (**)	
Velocidad máxima de concepción	90 Km/h	
Peralte máximo	140 mm	
Insuficiencia máxima de peralte	100 mm	
Aceleración no compensada	0.65 m/s ²	

Parámetro	Valores recomendados	Valores excepcionales
Variaci3n m3xima del peralte con el tiempo	50 mm/s	
Variaci3n m3xima de la insuficiencia con el tiempo	60 mm/s	
Variaci3n m3xima de aceleraci3n no compensada con el tiempo	0.40 m/s ³	
Variaci3n m3xima de peralte (alabeo)	180/V ≤ 2 mm/m	180/V ≤ 2 mm/m

Tabla 2 - Parámetros de diseño del trazado en planta

(*) Aplicando estos valores, se obtiene un valor recomendado de radio m3nimo de 400m para una velocidad de 90 km/h, seg3n el c3lculo siguiente:

$$R_m = [(11.8/(D+I))V]^2$$

Siendo D=140mm, I=100mm y V=90 km/h Lo que resulta 398m, redondeado a 400m.

Excepcionalmente, el valor del radio m3nimo puede ser reducido hasta 160m en la EPLMB (PLMB y su extensi3n hasta calle 100) con las consiguientes restricciones de velocidad que resultan necesarias. Sin embargo, el radio m3nimo utilizado en el trazado actual durante esta fase de estudio es de 200 m.

(**) La transici3n del intereje se da en las clotoides.

El sobre ancho en las curvas se indica en el documento de la v3a ET08: ETPLMB-ET08-L01- ITE-F-0001- Especificaci3n t3cnica de la superestructura de v3a, p3rrafo: Ancho de V3a.

Otros par3metros considerados se presentan en la tabla siguiente:

Parámetro	Valores recomendados	Valores excepcionales
Distancia entre aparatos de v3a	15 m	10 m
Distancia entre and3n y aparatos de v3a	15 m	10 m
Tipo de aparatos de v3a a utilizar	Desv3o 1 :9	
Distancia entre trenes en estacionados	5 m	
Distancia entre tren y tope de v3a	5 m	
Distancia entre tren y aparatos de v3a	15 m	

Tabla 3 - Otros Par3metros relacionados al trazado en planta

4.7.2 Perfil longitudinal

Los parámetros relativos al perfil longitudinal se presentan en la tabla siguiente:

Parámetro	Valores recomendados	Valores excepcionales
Pendiente longitudinal máxima en línea	2%	4%
Pendiente longitudinal mínima en línea	0.20%	
Pendiente longitudinal máxima en estación	0.00%	
Acuerdo mínimo	3125 m (*)	1000 m
Longitud mínima elemento (rasante uniforme, acuerdo)	20 m	
Aceleración vertical máxima	0.20 m/s ²	
Gradiente equivalente	G + 800/R	
Pendiente longitudinal máxima en posición de parqueo	0%	0.50%

Tabla 4 - Parámetros del perfil longitudinal

Nota: Pendiente longitudinal máxima utilizada es 2.5%.
Pendiente en estación utilizada es 0%.

(*) El radio del acuerdo vertical recomendado se calcula a través de la fórmula siguiente: $R_{vmin} = V^2_{max} / (12.96 \cdot a_{vrec})$.

Por lo tanto, para la velocidad de 90 km/h y aceleración vertical de 0.20 m/s², R = 3125m.

Se recomienda no superponer clotoides (en planta) y curvas verticales (del perfil longitudinal).

4.8 ANCHO DE VÍA

El ancho de vía será conforme al estándar internacional: 1435 mm entre los bordes internos de los rieles, medido a 14 mm por debajo del plan de rodadura.

En las curvas de radio $R < 400$ m, la distancia entre rieles se aumentará para facilitar la inscripción de los bogies en las curvas. Esta distancia será de:

- Radio en plano $200 \text{ m} \leq R \leq 400 \text{ m}$: 1440 mm,
- Radio en plano $R < 200 \text{ m}$: 1445 mm.

La variación de distancia será progresiva e igual a 1 mm/m.

4.9 GÁLIBOS

Se recuerdan las siguientes hipótesis de la PLMB para los gálidos a considerar:

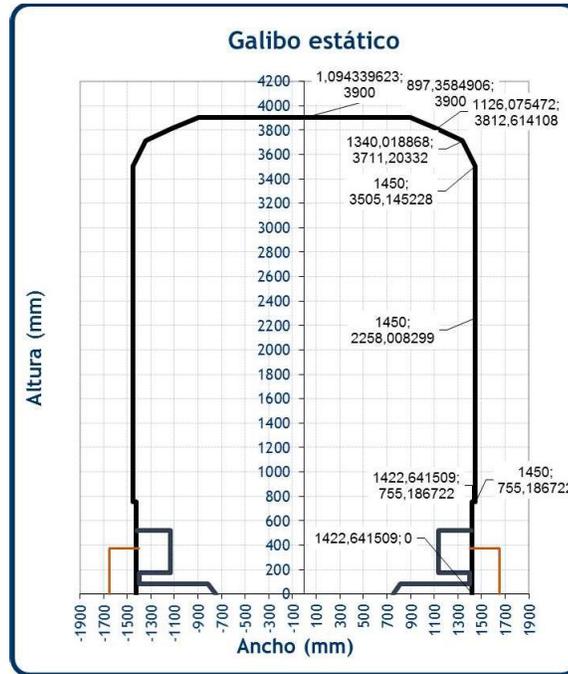
- Ancho de vía normal de 1.435 mm
- Ancho de vía máximo (incluye el desgaste del riel) de 1.455 mm
- Radio mínimo vertical en la vía y en el patio de 1.000 m
- Distancia entre centros de boguie de 12.600 mm
- Velocidades máximas del tren en operación normal de trabajo de 80 km/h En el patio son de 25 km/h
- Parámetros geométricos y de suspensión del boguie:
 - Distancia de 2.100 mm entre ejes del boguie
 - Desplazamientos verticales de la suspensión primaria hacia arriba de 25 mm y hacia bajo de 35 mm
 - Desplazamientos verticales de la suspensión secundaria hacia arriba de 30 mm y hacia abajo de 55 mm
 - Desplazamientos laterales de la suspensión secundaria de ± 35 mm
 - Desplazamiento lateral de la suspensión primaria (posible desplazamiento excéntrico entre los ejes y la armazón del boguie) de ± 8 mm
 - Desgaste diametral máximo de la rueda de 70 mm

Las condiciones analizadas son para los gálidos estático y dinámico, para tramos rectos y curvos de la línea.

Para el Gálido Dinámico del Tren en Curva se ha tomado en cuenta:

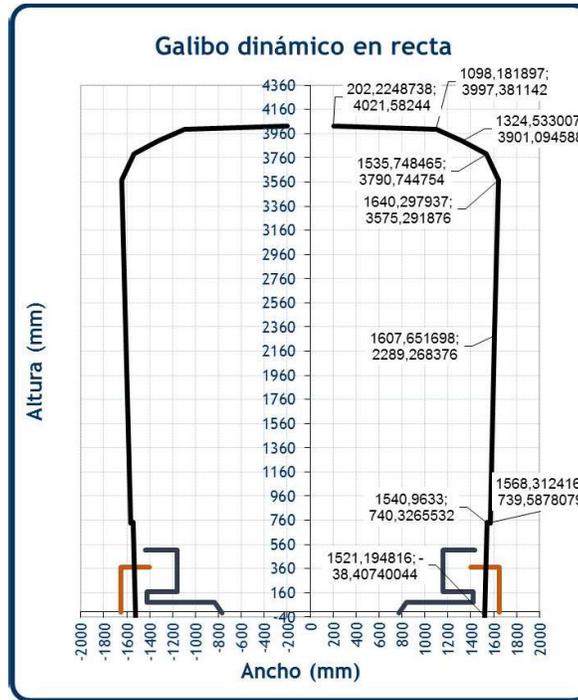
- Radio mínimo: 200m
- Velocidad: 80km/h
- Peralte: 140 mm.

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0



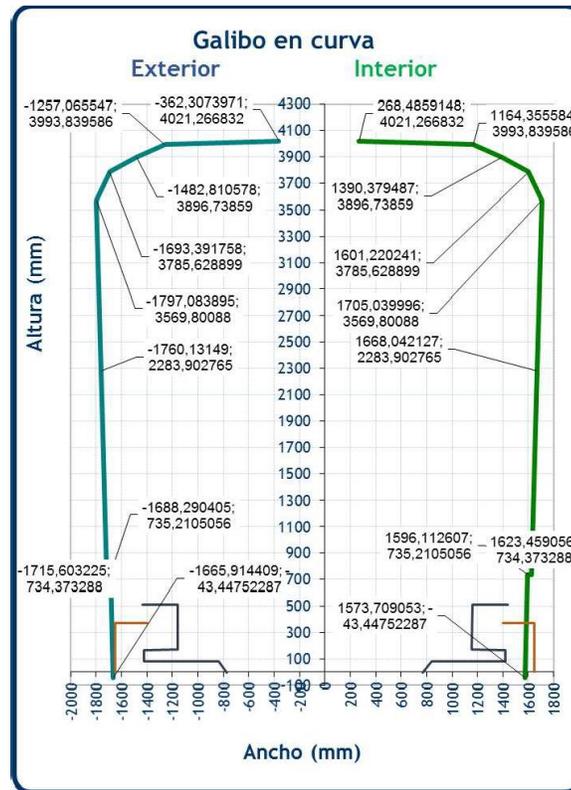
Ilustraci3n 5 - G3lib3 est3tico adoptado

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0



Ilustraci3n 6 - Gálb3 dinámico adoptado en tramos rectos

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0



Ilustraci3n 7 - Gálibo dinámico adoptado en tramos curvos

En el marco de la PLMB, se analizaron siete configuraciones para la definici3n de los gálibos sobre el viaducto. Las mismas se identifican llevándose en cuenta las características y la geometría del trazado.

Las secciones funcionales establecidas de acuerdo a los puntos mencionados anteriormente son:

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

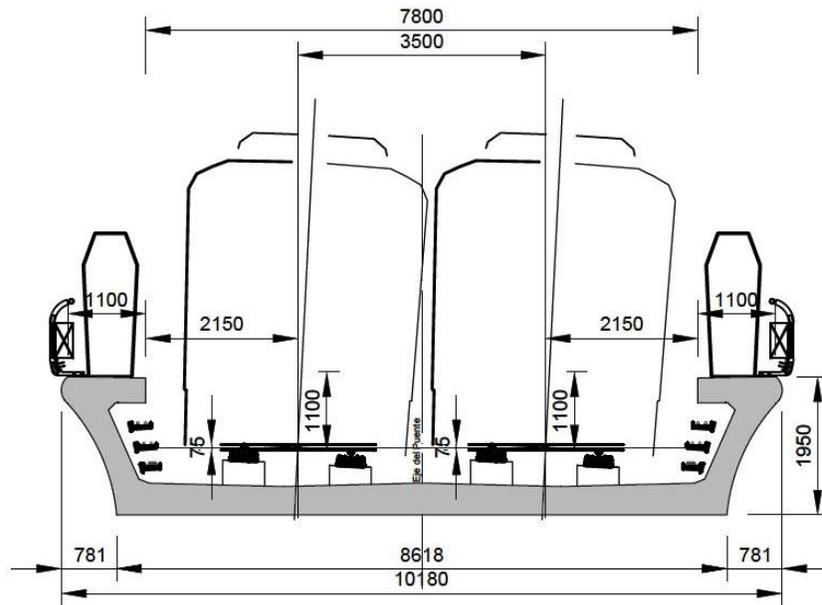


Ilustración 10 -Sección transversal para gálibo del tren para tramos curvos de radio en planta 1500m

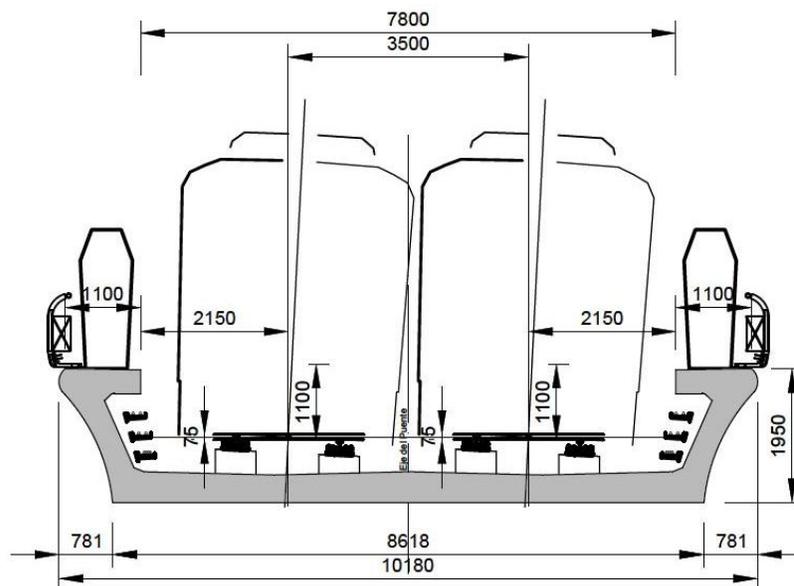
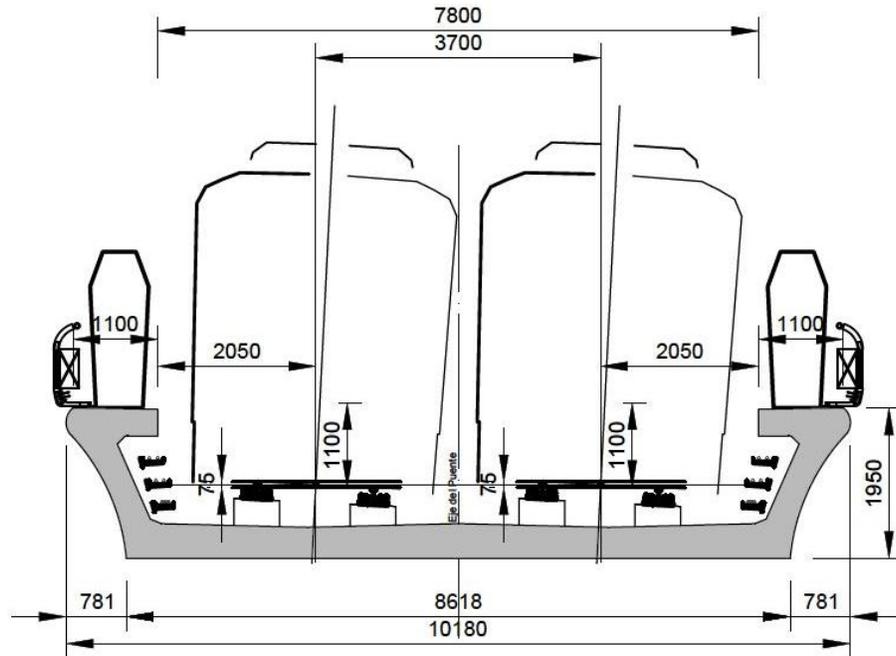


Ilustración 11 -Sección transversal para gálibo del tren para tramos curvos de radio en planta 2000m

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0



Ilustraci3n 12 -Secci3n transversal para g3libo del tren para tramos curvos de radio en planta 750m

Para la continuaci3n de los estudios, se consideran dos secciones de viaducto para toda la l3nea:

- Para los tramos curvos con radio en planta inferiores o iguales a 300 m, se adopta la secci3n transversal de anchura 9.90 m intereje max. 3.71m.
- Para los tramos rectos o curvos con radio en planta superiores o iguales a 900 m, se adopta la secci3n transversal de anchura 9.45 m intereje max. 3.48m.
- Para los tramos curvos con radios en planta comprendidos entre 300 y 900 m, se adopta la secci3n transversal de anchura 9.90 m.

4.10. RUIDOS Y VIBRACIONES

De acuerdo con el documento ETPLMB-ET08-L01-ITE-F-0001-R0 la los tipos de colocaci3n de vía y la elecci3n de componentes deberán respetar los niveles de ruido y vibraciones que ser3 definidos acordes con el PMA (Plan de Manejo Ambiental) que deber3 realizar el Contratista.

El modelo (PMA) deber3 obedecer a las siguientes indicaciones:

Normativa aplicable al desarrollo general de modelos de predicci3n sonora:

ISO 9613-1:1993 Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.

ISO 9613-2:1996 Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation.

En funci3n de estas normativas se deber3n definir los siguientes par3metros de c3lculo:

- Absorci3n del terreno.
- Consideraciones de absorci3n atmosf3rica seg3n ISO 9613-1:1993
- N3mero de reflexiones a considerar en el modelo de c3lculo. (recomendado 2)
- Consideraciones de condiciones meteorol3gicas seg3n recomendaciones de la comisi3n Europea

Normativa aplicable a la implantaci3n de fuentes Industriales.

ISO 9613-2:1996 Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation.

Normativa aplicable a la implantaci3n de fuentes de tipo ferrocarril. Si bien no existe una 3nica normativa de referencia o bien, una exigencia por parte de la norma colombiana, se propone:

- SRM-II (1996) Calculation and measurement guidelines for rail transport noise.
- Common Noise Assessment Methods in EU. CNOSSOS-EU.

En funci3n de estas normativas se deber3n definir los siguientes par3metros de c3lculo espec3ficos para el caso de estudio, siendo fundamental la caracterizaci3n ac3stica empleada para el material ferroviario:

- Frecuencia de paso ferroviario.
- N3mero de vagones.
- Tipo de vía.
- Tipo de tren conforme a modelos definidos

Durante las tareas de mantenimiento (perfilar rieles, apretar sujeciones, etc.), se deber3 limitar el ruido a los valores autorizados por la Resoluci3n 627-2006. Asimismo, el nivel de ruido ser3 medido seg3n la norma ISO3740:2000 (Acoustics Determination of sound power levels of noise sources Guidelines for the use of basic standards).

4.11 INTERFAZ RIEL-RUEDA

De acuerdo con el documento ETPLMB-ET08-L01-ITE-F-0001-R0 la elecci3n del par riel - rueda en vías corrientes debe ser objeto de un estudio específico para reducir los fenómenos de desgaste del riel y la rueda.

El Titular deberá realizar un estudio de interfaz riel-rueda, utilizando un software dinámico de cálculo ferroviario como VAMPIRE o SIMPACK.

La simulaci3n debe incluir al menos los siguientes parámetros:

Para la vía férrea:

- Perfil de riel nuevo y gastado de acuerdo con las condiciones de uso y considerando estándares aceptables de desgaste para el mantenimiento,
- Grado de acero de los rieles
- Inclinaci3n de los rieles,
- Ancho de vía estándar y sobre-trocha en curva,
- Trazado: el titular estudiará las vías en alineaci3n y seleccionará además áreas críticas para

Para material rodante:

- Perfil de la rueda nueva o re perfilada y usado de acuerdo con las condiciones de uso y teniendo en cuenta los estándares de desgaste aceptable para el mantenimiento,
- En cada punto del trazado seleccionado, el titular del contrato MR proporcionará las fuerzas verticales y transversales en cada rueda para el análisis y la determinaci3n de las áreas de contacto. Estos datos se derivarán de la simulaci3n, incluidas las características mecánicas del MR, así como de estas condiciones de funcionamiento (lubricaci3n en curvas, velocidad, insuficiencia de peralte, defectos en la vía...).

El modelado deberá determinar, para cada par de rueda-riel estudiado:

- Conicidad equivalente determinada según EN 15302,
- Área de contacto riel-rueda y presi3n en el contacto,
- Estabilidad según la velocidad,
- Índice de guía radial,
- El índice de desgaste del riel y de la rueda.

El estudio cubrirá toda la gama de todas las combinaciones de perfiles de rieles nuevos / desgastados interconectados con un vendaje nuevo / gastado.

Deberá llevarse a cabo un estudio específico de interfaz riel-rueda en los aparatos de vía, en particular para elegir el perfil asimétrico de la aguja y definir las dimensiones de seguridad.

4.12 DATOS DE INTERFAZ

Los principales parámetros de los subsistemas e infraestructuras en interfaz con la vía férrea se proporcionan en los siguientes sub-capítulos.

Estos datos de entrada deben ser imperativamente confirmados por el Contratista antes del inicio de los estudios detallados, junto con los titulares de los otros lotes (si los hubiera).

Los límites de interfaz entre el lote y los otros lotes se especifican en este documento y en los planos.

4.11.1. INTERFAZ CON EL MATERIAL RODANTE

Las características principales consideradas para los estudios son las siguientes:

- Rodadura: Acero
- Tipo de captación: 3r riel, captación por debajo
- Anchura de un coche (gálibo estático): 2,90 m
- Longitud de un coche (entre enganches): 20 m
- Velocidad máxima: 90 km/h
- Tipo de operación: GoA4
- Altura piso (desde nivel del riel): 1,1 m
- Carga por eje (CCE): 15 t
- Longitud del tren: 140 m
- Número de coches por tren: 7
- Diámetro rueda nueva: 860 mm (+/- 10 mm)
- Distancia entre pivotes de bogíes: 12,60 m
- Empate (distancia entre ejes de un bogí): 2,10 m.

Las principales interfaces entre la vía férrea y el material rodante son:

- Las características geométricas del trazado,
- La interfaz riel/rueda,
- La interfaz tercer riel/frotador.

4.11.2. INTERFAZ CON LA ESTRUCTURA

Las vías férreas en línea serán colocadas sobre un viaducto gran U compuesto de segmentos ensamblados para constituir los vanos de longitud nominal de 35m (excepto estructuras excepcionales y en curvas).

Las vías férreas deberán ser compatibles con los principios de drenaje previstos para el viaducto (ver Memoria de cálculo - Drenajes: ETPLMB-ET06-L01-MCA-Q-0027 de la PLMB).

Se garantiza el drenaje de las vías y de los aparatos de vía en colocación de concreto sobre viaducto con:

- Una pendiente longitudinal mínima de la misma que la del sistema de drenaje del viaducto),
- Una pendiente transversal mínima del viaducto del 1,5%
- La interrupción regular de las vigas y de las losas en concreto,
- Una captación y una evacuación de las aguas en el extremo de cada tramo de viaducto.

Las principales interfaces entre la vía férrea y el viaducto conciernen:

- La implantación de los refuerzos de espera,
- El dispositivo de puesta a tierra de las vigas,
- El dimensionamiento de las vigas y losas,
- El estudio de interacción vía férrea/estructura.

Las limitaciones de la vía con relación al viaducto y que se deben respetar son las siguientes:

- Desplazamiento transversal máximo entre 2 tableros: 2mm
- Rotación máxima de los extremos de tableros: 2/1000 (norma EN16432-1).

4.11.3. INTERFAZ CON EL SISTEMA DE ALIMENTACION ELECTRICA DE TRACCION

Las características principales del sistema de tracción consideradas para los estudios de la vía férrea son las siguientes:

- Alimentación tracción: 3r riel 750 V CC
- Retorno tracción: por los rieles de rodadura

El límite físico de interfaz con la alimentación eléctrica de tracción (AET) está a nivel de los puntos de conexión de los cables:

- El Contratista instala los puntos de conexión en el riel de rodadura y tercer riel de acuerdo con las indicaciones del Contratista AET y los diagramas de seccionamiento eléctrico,
- Todos los cables (equipotencial, alimentación tracción, retorno de tracción) son instalados por el Contratista AET.

Las principales interfaces entre la vía férrea y la energía de tracción conciernen:

- El diseño del tercer riel,
- El diseño del circuito de retorno de tracción y seccionamientos eléctricos (JAP),
- El diseño del dispositivo de puesta a tierra,
- Los puntos de conexión de los cables de alimentación tracción y del retorno de tracción,
- Los seccionamientos eléctricos (cantonomiento realizado mediante JATR).

4.11.4. INTERFAZ CON LOS AUTOMATISMOS

Las características principales consideradas para los estudios de vía férrea son las siguientes:

- Modo nominal: Communication Based Train Control (CBTC)
- Detección secundaria: Contadores de ejes
- Velocidad máxima en línea y ramal técnico: 80 km/h

Las principales interfaces entre la vía férrea y los automatismos (señalización y pilotaje automático) conciernen a:

- Los aparatos de vía (accionamiento, motorización, comprobadores),
- La realización del trazado de las vías férreas y la implantación de los equipamientos en fase de ejecución (velocidades, distancias de deslizamiento, etc.),
- Los detectores y balizas colocadas en vía.

5. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA EPLMB-TRAMO 1

5.1. DESDE EL MONUMENTO A LOS HÉROES HASTA LA CALLE 87 – PRIMER TRAMO (DE PK 23+740 A 24+720)

De manera general, las ilustraciones descriptivas del trazado utilizadas en este informe se han integrado con el objetivo de facilitar la comprensión del texto.

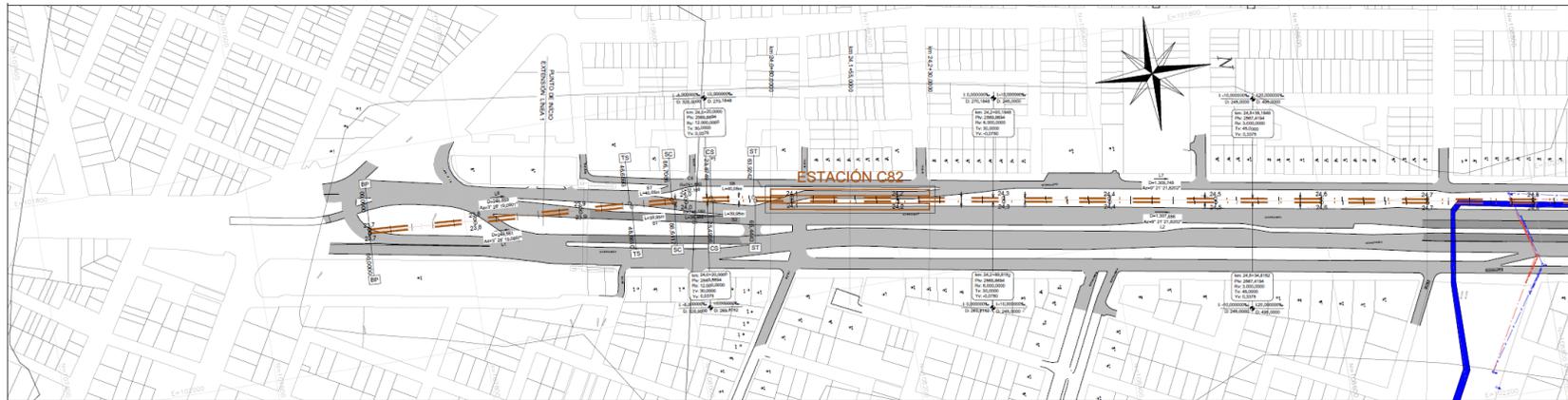


Ilustración 13: Vista en planta del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo calle 72-calle 90

La ilustración anterior muestra la vista en planta del corredor vial de la Autopista norte, la cual discurre entre los barrios del Polo, al Occidente, y del Antiguo Country y del Virrey al Oriente. Este corredor tiene un ancho variable de alrededor de 75 m.

Al inicio está la plazoleta del antiguo monumento Los Héroes. El trazado cruza dicha ubicación de manera oblicua hacia el noroccidente en búsqueda del cantero lateral occidental. Cabe indicar que el trazado de EPLMB ha sido dispuesto totalmente a lo largo del cantero occidental, por lo que:

1. Ostenta los mayores anchos libres para disponer infraestructura: mayor que el cantero central y que el cantero oriental;
2. Evita las afectaciones de muy larga duración en las calzadas de Autopista norte o del Transmilenio;

3. Conserva los atributos anteriores aún más allá de calle 100, con lo cual el cantero se constituye en un emplazamiento viable también para las extensiones de PLMB que prosigan, previstas en las etapas 2 y 3 de desarrollo de PLMB.

El PK (punto kilom3trico) 23+863 corresponde al final de la infraestructura de PLMB comprendida por el contrato de diseño, construcci3n, operaci3n y mantenimiento que ha sido adjudicado a Metro Lnea 1 SAS, y es, por lo tanto, el punto de empalme entre PLMB y EPLMB. Sin embargo, cabe señalar también que se requiere reorientar el viaducto de la PLMB en los últimos 150 m de modo a lograr el alineamiento que permita la travesía a trav3s de la plaza del antiguo Monumento Los H3roes y alcanzar el cantero en los t3rminos descritos en el trazado. En resumen, consiste en desplazar la posici3n de las pilas alcanzadas en estos 150 m (aproximadamente unas 5 pilas) y desplazándolas hacia el occidente. El mayor desplazamiento se da para la pila del punto kilom3trico 23+863 y resulta en una modificaci3n de 11 m. Todos los dem3s ajustes son de menor envergadura que el anterior.

Se presenta una oportunidad temporal para la realizaci3n de esta modificaci3n con m3nimo impacto en el contrato de Metro Lnea 1 SAS puesto que est3 todavía en fase de elaboraci3n de ingeniería del viaducto.

Continuando con el trazado, antes de llegar a la estaci3n N° 17 en el punto kilom3trico 24+080, se observa una curva horizontal con centro en el oriente y un radio de 750 m.

La estaci3n N° 17, por su parte est3 ubicada de manera tal que por el extremo norte queda cerca para ser conectada con la estaci3n TM calle 85, mientras que por el extremo sur quede cerca para ser conectada con la estaci3n TM Los H3roes, logrando una 3ptima distribuci3n de pasajeros intermodales. Tiene una pendiente longitudinal de 0%.

En lo sucesivo, el trazado horizontal continúa en recta hacia la siguiente estaci3n, con una leve curva de radio 3.000 m y de longitud 53 m hasta el PK 24+533.

Se ha respetado la distancia m3nima de 10 metros entre el borde del viaducto y las fachadas de los edificios colindantes (el edificio m3s cercano se encuentra en la zona de la estaci3n N° 17 y a 14 m del borde de dicho edificio).

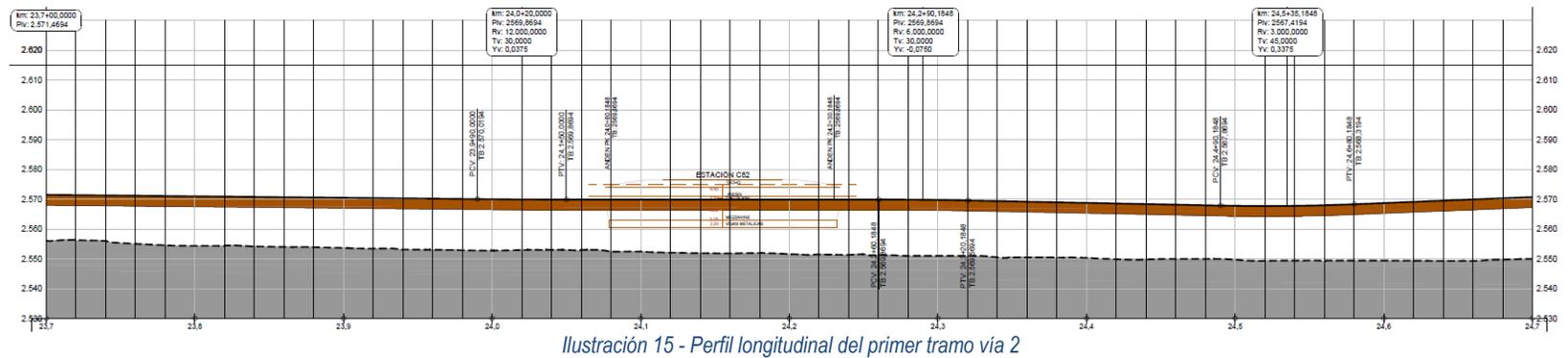
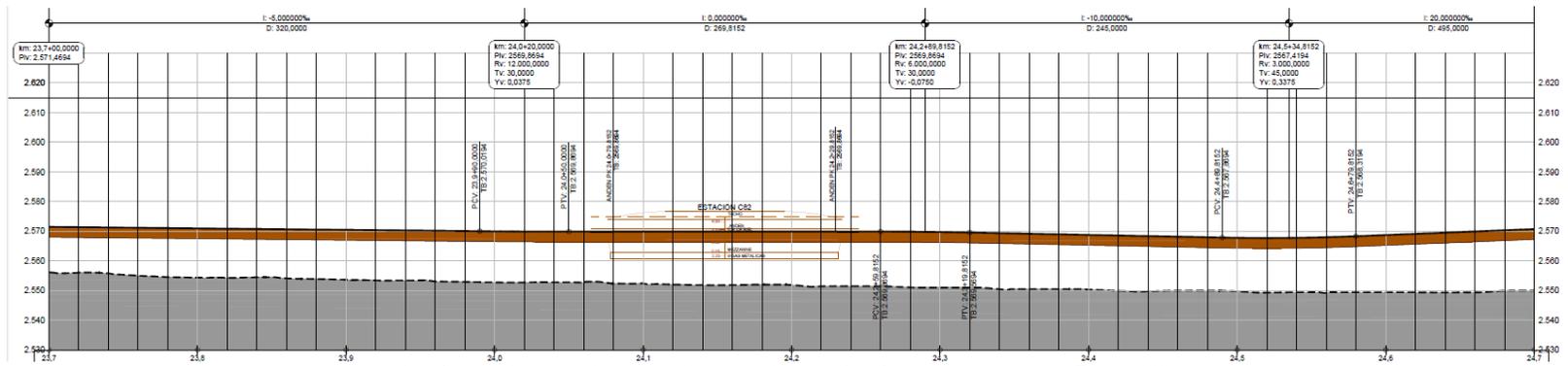
El eje de la extensi3n PLMB-Tramo 1 discurre al occidente y paralelo al futuro carril de bicicleta a lo largo de todo el tramo entre calle 80 bis y calle 108.

El terreno es relativamente plano en esta zona con una pendiente descendiente de 0,50% hacia el norte. El perfil longitudinal de la lnea desciende ligeramente hacia el norte despu3s de bajar con pendiente de 1,0% hasta el PK 24+520 donde tiene centro una curva vertical de radio 2.000 m a partir de la cual comienza la pendiente ascendente de 2% que permitir3 elevar el viaducto para atravesar el “nodo calle 92”.

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

A partir del PK 24+720 se observa la incorporación del canal El Virrey que comparte recorrido con el trazado de EPLMB en el separador lateral occidental. Con la finalidad de compartir el emplazamiento, se ha previsto una configuración de viaducto en pórtico en este segmento del recorrido para alojar espacio en la parte central del separador con el objetivo de no afectar el canal.



ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

5.2. DESDE LA CALLE 87 HASTA LA CALLE 97 – SEGUNDO TRAMO (DE PK 24+720 A 25+840)

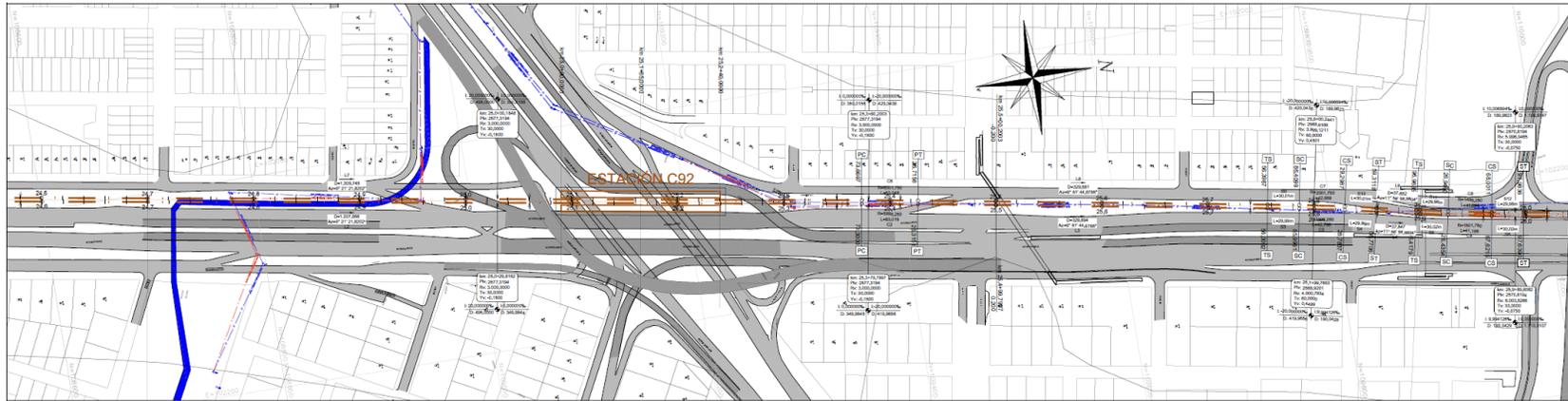


Ilustración 16: Vista en planta del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo “nodo calle 92”-calle 100 Sur

En el segundo tramo del trazado, este último se mantiene emplazado sobre el separador lateral Occidental en todo su recorrido.

La figura anterior muestra en el centro la vista del “nodo calle 92”. Se trata de un intercambiador vial de 4 niveles con giros a izquierda y con gran complejidad. Para mayor abundamiento, está previsto que el Regiotram del Norte ocupe el separador central de la avenida NQS con una estación a oriente del nodo, lo que agregará un elemento más en consideración en la resolución de la travesía de la PLMBZ por este nodo.

El “nodo calle 92” tiene al barrio de la Castellana al Occidente y el Chicó al Oriente. En el sector donde el corredor de la Autopista norte todavía está confinado, cuenta con un ancho de alrededor de 95 m.

El trazado encuentra su recorrido por un espacio entre el tablero del puente de la Autopista norte por sobre la avenida NQS en sentido Norte-Sur y el tablero de la rama dedicada exclusivamente al Troncal TM NQS en su vínculo con la Autopista norte. Para alinearse en ese espacio, debe sortear por arriba, del lado izquierdo del nodo, el

tablero de la rama de giro a izquierda desde Avenida NQS en direcci3n al Norte. En el extremo derecho del nodo, debe cruzar, ahora superiormente nuevamente la rama dedicada exclusivamente al Troncal TM NQS en su v3nculo con la Autopista norte.

La estaci3n ha sido prevista en el per3metro confinado con los 3 (o 4) elementos descriptos anteriormente, de donde resulta un espacio que inscribe un rect3ngulo de 19 m de ancho por 170 m de largo. Este espacio se destinar3 para la fundaci3n de la estaci3n en los niveles inferiores. Considerando que la estaci3n tendr3 24 m de ancho - sin contar la superficie de la cubierta-, el nivel de plataforma y de mezzanina requieren elevarse por encima de los tableros viales indicados en el p3rrafo anterior para encontrar su espacio de desarrollo. En consecuencia, la cota de riel queda a una altura de 27,5 m respecto del terreno natural.

Como referencia, esta altura constituye pr3cticamente el doble de las cotas de riel previstas en la PLMB, las cuales eran del orden de los 13,6 m. El diseo de esta estaci3n encuentra su justificaci3n en la complejidad geom3trica para cruzar el "nodo calle 92" con infraestructura de metro y con la voluntad de emplazar una estaci3n en este nodo para lograr una integraci3n modal de escala metropolitana con el Regiotram y troncal TM de NQS. Adicionalmente, este trazado evita absolutamente las adquisiciones prediales en este entorno.

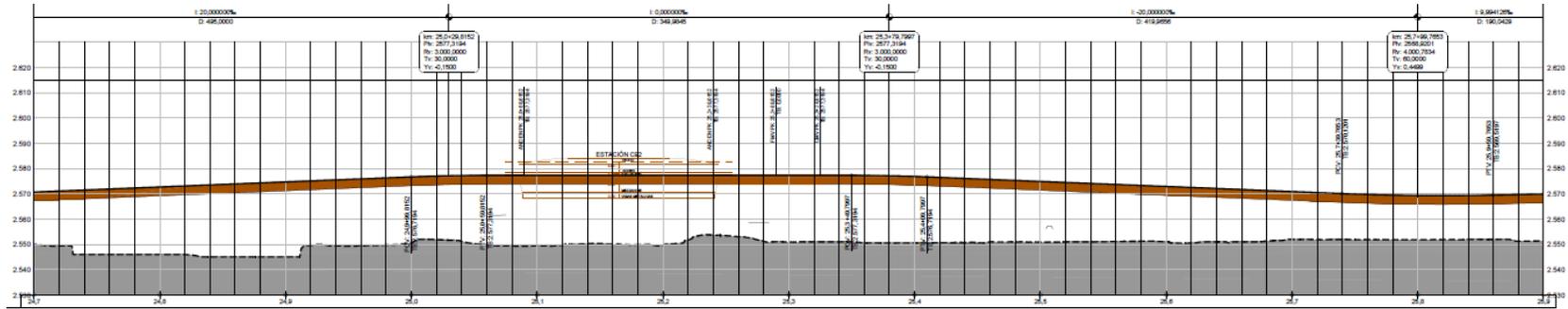
El PK 25+030 (al sur de la estaci3n N°18) corresponde con el final de la pendiente de ascenso de 2% evocada previamente mediante una curva vertical de radio 3.000 m.

Luego, el trazado contin3a con pendiente 0% a trav3s de la estaci3n para luego encontrar otra curva vertical de igual radio en el PK 25+280 para iniciar un descenso de la cota de riel con pendiente 2% la cual se extender3 hasta el PK 25+780.

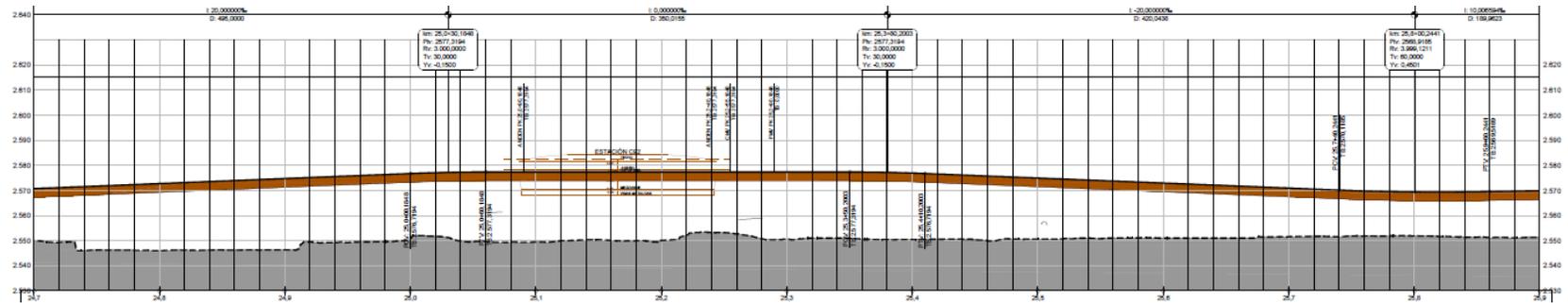
Cabe seoalar que en todo el desarrollo del segundo tramo no existen curvas horizontales.

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACI3N T3CNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0



Ilustraci3n 17 - Perfil longitudinal del trazado extensi3n PLMB-Tramo1, Tramo "nodo calle 92"-calle 100 Sur – Vía 1



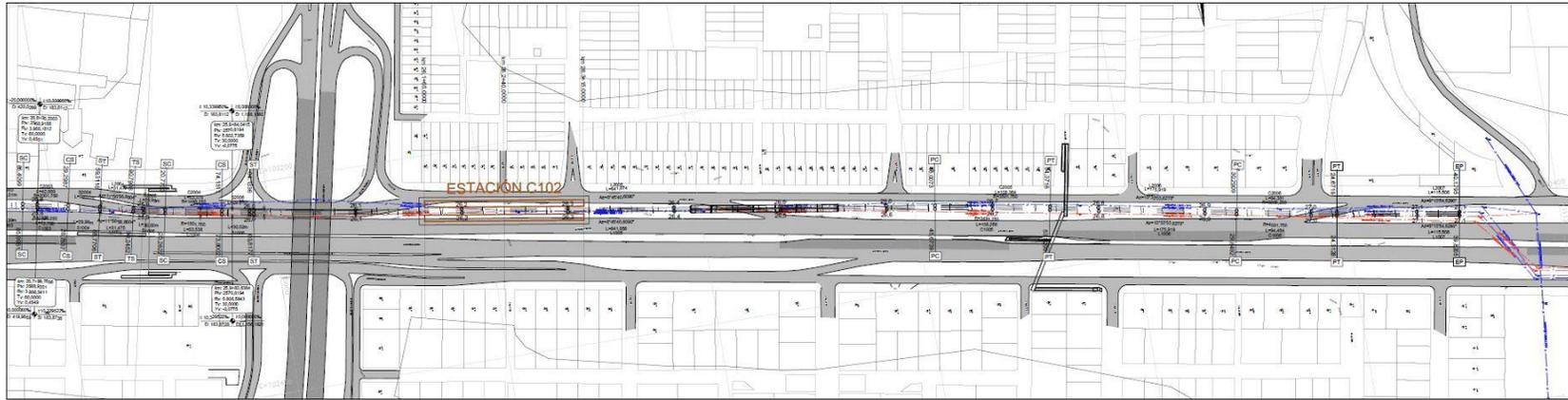
Ilustraci3n 18 - Perfil longitudinal del trazado extensi3n PLMB-Tramo1, Tramo "nodo calle 92"-calle 100 Sur – Vía 2

Se ha respetado la distancia m3nima de 10 metros entre el borde del viaducto y las fachadas de los edificios aledaños en todo el segundo tramo con distancias del orden de los 17 m en la parte del trazado dispuesta al Sur del "nodo calle 92" y valores de 20 m para la parte del trazado dispuesta al Norte.

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACI3N T3CNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

5.3. DESDE LA CALLE 97 HASTA LA ESTACI3N N°19-CALLE 100 – TERCER TRAMO (DE PK 25+840 A 27+100)



Ilustraci3n 19: Vista en planta del trazado extensi3n PLMB-Tramo1, Tramo calle 100 Norte

En el tercer tramo del trazado, este 3ltimo se mantiene emplazado sobre el separador lateral Occidental en todo su recorrido. Lo anterior aplica, a pesar de que entre los PK 25+860 y 26+160 el separador desaparece, en correspondencia con el cruce por debajo del puente de calle 100. En este segmento, la calzada vehicular lateral Occidental avanza sobre el espacio del separador. Como parte de las intervenciones previstas para EPLMB se ha previsto recuperar el espacio para el separador Occidental y desplazar dicha calzada hacia el Oeste.

La figura anterior muestra en el centro el intercambiador de la calle 100 con la Autopista Norte. Se trata de un intercambiador vial de 2 niveles con giros a izquierda y derecha. Por lo tanto, la estaci3n N°19 queda emplazada al norte de la calle 100.

Los barrios definidos en cada cuadrante del nodo vial son La Castellana al Suroccidente, Chic3 Norte al Sudoriente, Santa Bibiana al Nororiente y Pasadena al Noroccidente.

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACI3N T3CNICA Y FINANCIERA DE
LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

El trazado enfrenta la dificultad de cruzar el puente vial de la calle 100 en PK 26+060, lo cual es realizado por encima de dicha infraestructura. Este punto es condicionante para cota de riel de 18,8 m en la estaci3n N°19 que tiene su extremo sur en PK 26+165. El otro extremo de la estaci3n está en ubicado en el PK 26+315 y la pendiente es de 0%.

El emplazamiento de la estaci3n contiguo a la calle 100 está determinado por la vocaci3n de lograr el menor recorrido posible para la combinaci3n entre EPLMB y troncal TM Calle 100-Carrera 68. Lo anterior sumando las combinaciones con troncales TM Corredor Norte en estaci3n de calle 100 y de calle 106, las cuales, sin embargo, quedan relativamente alejadas con este emplazamiento. Esta definici3n encuentra su justificaci3n en que el proyecto de EPLMB tiene múltiples puntos de combinaci3n con TM Corredor Norte a lo largo de su trazado, pero cuenta solamente con un lugar geográfico para combinar con troncal TM Calle 100-Carrera 68, al menos en la zona norte de la ciudad.

Como referencia, esta altura de riel sigue siendo alta con respecto a las cotas de riel previstas en la PLMB, pero más baja que aquella del “nodo calle 92”.

Existe tres curvos horizontales en el tercer tramo de EPLMB: una de radio 1.500 m en el cruce por encima del puente de calle 100 (PK 25+920) de longitud 53 m, otra se encuentra en final de los dos aparatos de vía de cola de maniobras (PK 26+640) de longitud 108 m y radio 3.500 m. La ltima (PK 26+920) de radio 4.000 m y longitud 94 m;

El punto kilom3trico 26+000 (al sur de la estaci3n N°19) corresponde con el final de la pendiente de ascenso de 1% evocada previamente mediante una curva vertical de radio 6.000 m. Luego, el trazado continúa con una pendiente de 0% que se mantiene hasta el final de la cola de maniobra que corresponde al final del tercer y último tramo de la extensi3n.

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACI3N T3CNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

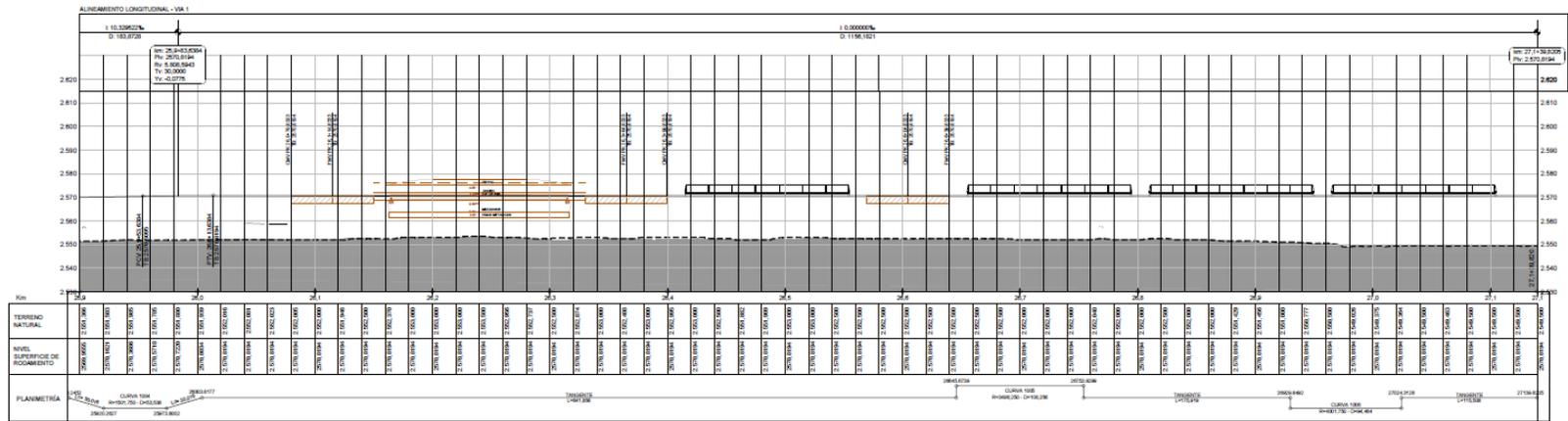


Ilustración 20 - Perfil longitudinal del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo calle 100 Norte – Vía 1

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

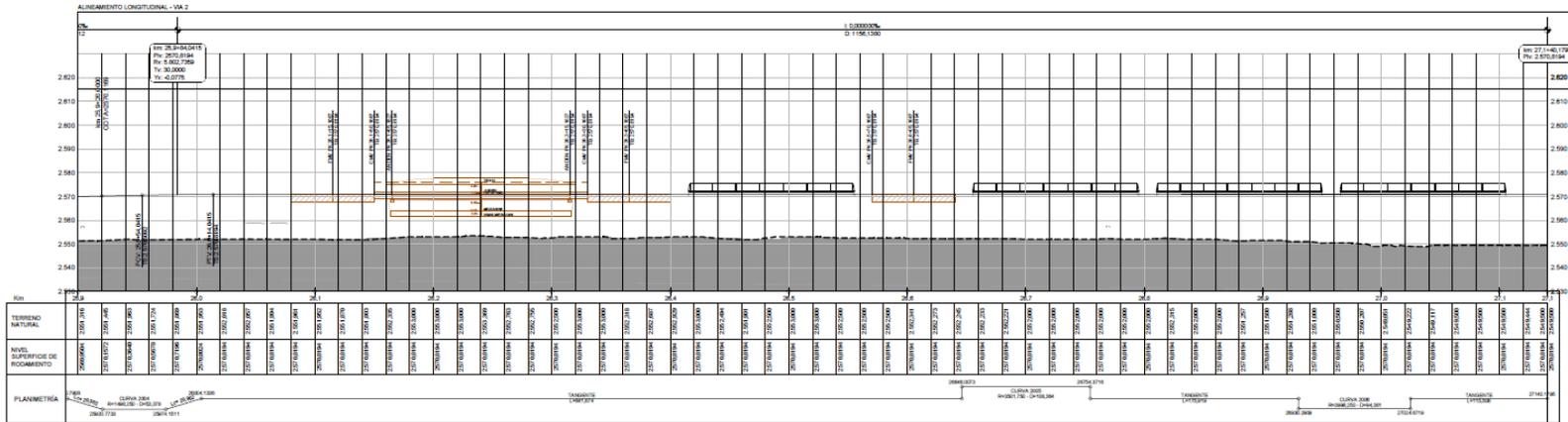


Ilustración 21 - Perfil longitudinal del trazado extensión PLMB-Tramo1, Tramo calle 100 Norte – Via 2

El esquema de vías en la zona posterior a la estación N°19 es aquel mostrado en la siguiente ilustración:

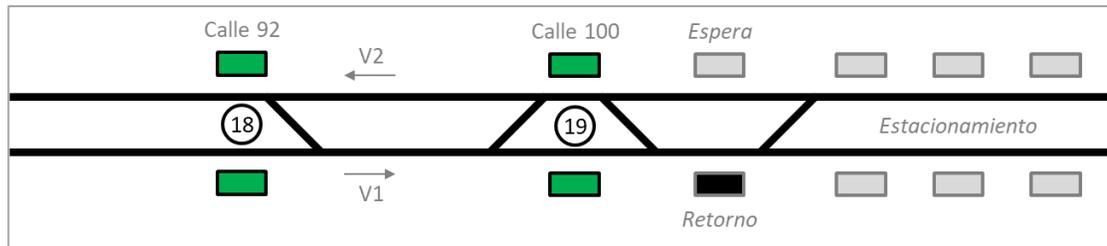


Ilustración 22: Esquema de línea de plan operacional preliminar de la EPLMB

Se trata de dos comunicaciones situadas tras la estación N°19, lo que permite una posición de retorno y 7 posiciones de estacionamiento de trenes.

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACI3N T3CNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

LISTADO DEL EJE DE LA VÍA 1 EN PLANTA:

LÍNEA 1 - VÍA 1							
Curva	Puntos notables	KM	Coordenadas		Transición	Radio	Longitud
			X	Y			
C1	TS	1.023.9+48,661	101876,5836	107709,3268	39,951	748,15	36,882
	SC	1.023.9+88,612	101891,6425	107957,5314			
	CS	1.024.0+25,494	101894,4167	107997,3843			
	ST	1.024.0+65,444	101898,5364	108034,0317			
C2	TS	1.025.3+31,785	101904,6799	108073,5059	30,000	11998,3	76,046
	SC	1.025.3+61,785	102110,548	109323,0002			
	CS	1.025.4+37,830	102115,4374	109352,5991			
	ST	1.025.4+67,830	102128,1316	109427,5777			
C3	TS	1.025.7+56,009	102133,2577	109457,1365	29,987	1998,25	42,788
	SC	1.025.7+85,996	102182,6181	109741,0563			
	CS	1.025.8+28,783	102187,8282	109770,587			
	ST	1.025.8+58,770	102195,9232	109812,6011			
C4	TS	1.025.8+90,245	102202,0584	109841,9536	30,018	1501,75	53,538
	SC	1.025.9+20,262	102208,575	109872,7461			
	CS	1.025.9+73,800	102214,692	109902,1336			
	ST	1.026.0+03,817	102224,3149	109954,7963			
C5	TS	1.026.6+30,673	102228,9859	109984,448	30,000	3498,25	78,256
	SC	1.026.6+60,673	102324,4673	110603,9897			
	CS	1.026.7+38,929	102329,0792	110633,633			
	ST	1.026.7+68,929	102342,194	110710,7806			
C6	TS	1.026.9+14,848	102347,6366	110740,2827	30,000	4001,75	64,464
	SC	1.026.9+44,848	102374,3142	110883,7424			
	CS	1.027.0+09,312	102379,7621	110913,2436			
	ST	1.027.0+39,312	102390,7987	110976,7547			

Tabla 5 – Alineamiento Horizontal

LISTADO DEL EJE DE LA VÍA 1 EN PERFIL:

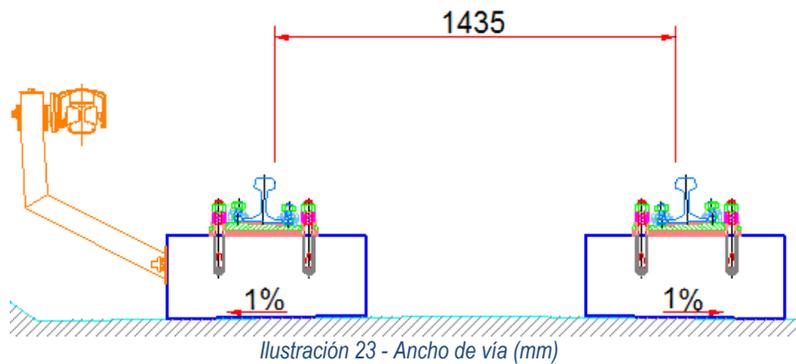
	PUNTO	PK	TB ELEV. (m)	K VALUE	RADIO (m)	LONGITUD DE LA CURVA (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (‰)
	Inicio	1.023.7+00,000	2571,469					
C1	PCV	1.023.9+90,000	2570,019	120	12000	60	320	-5,000000‰
	PIV	1.024.0+20,000	2569,869					
	PTV	1.024.0+50,000	2569,869				269,815	0,000000‰
C2	PCV	1.024.2+59,815	2569,869	60	6000	60		
	PIV	1.024.2+89,815	2569,869					
	PTV	1.024.3+19,815	2569,569					
C3	PCV	1.024.4+89,815	2567,869	30	3000	90	495,000	20,000000‰
	PIV	1.024.5+34,815	2567,419					
	PTV	1.024.5+79,815	2568,319					
C4	PCV	1.024.9+99,815	2576,719	30	3000	60	349,985	0,000000‰
	PIV	1.025.0+29,815	2577,319					
	PTV	1.025.0+59,815	2577,319					
C5	PCV	1.025.3+49,800	2577,319	30	3000	60	419,966	-20,000000‰
	PIV	1.025.3+79,800	2577,319					
	PTV	1.025.4+09,800	2576,719					
C6	PCV	1.025.7+39,765	2570,12	39,565	3956,541	120	183,873	10,329522‰
	PIV	1.025.7+99,765	2568,92					
	PTV	1.025.8+59,765	2569,54					
C7	PCV	1.025.9+53,638	2570,51	58,086	5808,594	60	1.171,182	0,000000‰
	PIV	1.025.9+83,638	2570,819					
	PTV	1.026.0+13,638	2570,819					
	Fin	1.027.1+54,820	2570,819					

Tabla 6 - Alineamiento Vertical

6. SUPERESTRUCTURA DE VÍA DE LA EXTENSIÓN PLMB-TRAMO 1

La superestructura de vía para la extensión PLMB-Tramo 1 se basa en lo especificado en el *Apéndice Técnico 5 - Especificaciones Técnicas de Diseño y Construcción de Viaducto y Edificios de Acceso - Sección 2 - Estructuras de Vías Férrea* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019 considerando que la superestructura de vía representa una interfaz entre la Infraestructura y el Material Rodante y condiciona, en gran parte, la calidad de rodamiento y el mantenimiento del sistema.

En resumen, las vías principales (y las vías del ramal técnico) de la EPLMB y su extensión se colocan sobre el viaducto con un ancho de vía es de 1.435 mm (anchura internacional).



Para reducir las operaciones de mantenimiento de la vía férrea, se privilegia una instalación sobre concreto. Por otro lado, para optimizar el dimensionamiento del viaducto, conviene optimizar las cargas y por lo tanto el peso propio de la vía.

De acuerdo con las conclusiones de los estudios anteriores para la colocación de vía sobre viaducto, se preconizará una colocación de vía sobre vigas para la totalidad de las vías sobre el tramo de viaducto de la extensión.

El sistema de superestructura de vía considerará además lo siguiente:

6.1 MATERIALES DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA VÍA FÉRREA

Los materiales de los principales componentes de la vía férrea se basarán en lo especificado en la sección 3 del *Apéndice Técnico 5 - Especificaciones Técnicas de Diseño y Construcción de Viaducto y Edificios de Acceso - Sección 2 - Estructuras de Vías Férrea* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019. Lo anterior aplica particularmente para:

6.1.1. CONCRETO DE VIA

El diseño del concreto de vía que se utilizará para la realización de las vigas y losas armadas deberá tener en cuenta las características estructurales resultado del diseño del resto de componentes de la vía, las condiciones climáticas y la metodología escogida para la colocación del concreto de la vía.

El concreto de vía tendrá las mismas características para las vías en el interior y las vías en el exterior, excepto las clases de exposición, de acuerdo con la norma ACI 318S-14.

El concreto de vía utilizado deberá tener una resistencia mínima especificada a la compresión a 28 días de 35 MPa.

El concreto deberá provenir imperativamente de una central homologada.

El diseño del concreto de vía deberá cumplir con la norma ACI 318S-14 y ser compatible con los métodos de aplicación y vibración del concreto que el Contratista proponga utilizar para su construcción.

El concreto de vía para la instalación en la máquina de lavado deberá respetar las clases de exposición P1 y C1 o C2 según norma ACI 318S-14. Las propiedades de los concretos que se utilizarán para la colocación de la vía en la Máquina de Lavado deberán ser compatibles con los productos que el Contratista utilizará para la limpieza de los Trenes.

Para favorecer el drenaje de las aguas y evitar que se infiltren en el concreto de vía, las superficies aparentes del concreto estarán exentas de porosidades y de nidos de piedras.

El Contratista deberá demostrar la durabilidad del concreto respecto de los fenómenos de reacción entre los álcalis del hormigón y los áridos que contiene sílice reactiva, de conformidad con lo establecido en la norma ACI 318S-14.

Todos los medios necesarios específicos para la aplicación del concreto serán de la responsabilidad del Contratista. La aplicación del concreto deberá ser realizada de preferencia en tiempo seco (sin lluvia). De lo contrario, se deben tomar todas las medidas adecuadas para proteger el área de trabajo de las inclemencias del tiempo.

6.1.2. RIEL

La vía constituida por dos (2) rieles Vignole, deberá asegurar el rodado y el guiado del Material Rodante. Los rieles deberán también asegurar la circulación de las corrientes eléctricas de retorno de tracción y de señalización.

Los rieles deberán cumplir con la norma NF EN 13674-1.

Los rieles deberán ser de perfil 54E1 o superior.

Los rieles deberán ser de alguna de las siguientes clases de acero:

- R260: En las Vías Principales de la EPLMB y Ramal Técnico, en alineación recta y en curvas $R \geq 500$ m;
- R350 HT: En las vías principales de la EPLMB con curvas $R < 500$ m (tanto en las clotoides de entrada y de salida como en la curva circular).

Los rieles deberán ser producidos según el proceso de colada continua.

La fecha de laminado de los rieles no deberá ser anterior a un año antes de la fecha de Acta de Inicio (AI) del Contrato de Concesión.

Los rieles deberán ser suministrados con los dos extremos no perforados.

La longitud mínima de suministro de riel en línea será de 18,00 m.

Estos rieles suministrados en sitio deberán ser ensamblados por soldadura para constituir rieles largos soldados (RLS).

Las tolerancias para los rieles deberán ser conformes a la norma EN 13674-1:

- Tolerancias de perfil: clase X.
- Tolerancias de rectitud, planicidad de la superficie y torcimiento: clase A.
- El marcado de identificación de los rieles deberá corresponder a la norma EN 13674-1.

El Contratista deberá presentar como parte de sus Diseños y Estudios de Detalle Principales la metodología de transporte, almacenamiento, protección y mantenimiento prevista para los rieles de la EPLMB. El Contratista deberá garantizar que se reduzca el riesgo de degradación y de corrosión durante las diferentes fases.

El Contratista protegerá todos los rieles contra corrosión durante el transporte y el almacenamiento. La protección se realizará tratando todas las superficies con un material aprobado y capaz de prevenir una corrosión durante un mínimo de 18 meses para el embarque, transporte y almacenamiento. Antes de pintar, se quitarán la herrumbre y partículas extrañas de los rieles. Los rieles que hayan sufrido una corrosión que pueda dar lugar a fallos prematuros en el servicio, serán rechazados.

La disposición del área de almacenamiento y métodos de estibamiento de rieles se someterán a la aprobación del Cliente.

Los rieles dañados durante el suministro, almacenamiento o manejo serán reemplazados por cuenta del Contratista.

Los rieles serán transportados en contenedores cubiertos y entregados en capas planas apilados sobre el patín, aislados del suelo y aislados entre ellos por elementos de madera espaciados de 4m máximo.

Los rieles para suministrarse deberán ser de las características señaladas en el proyecto, y deberán ser cargados, transportados y almacenados por el contratista hasta el momento de su instalación.

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_RO

- Sistema elástico de apriete del riel (clip o lámina) incluyendo las piezas para ensamblaje y apriete (tornillos, pernos, arandelas, etc.) y aislador eléctrico intercalado entre el sistema de apriete del riel y el patín del riel, si la silla es metálica;
- Almohadilla ranurada bajo el riel dura (400kN/mm) para limitar el cabeceo del riel al paso de las ruedas;
- Almohadilla secundaria bajo la silla muy flexible (30kN/mm) para el caso de doble piso elástico;
- Suela aislante en contacto con el concreto de vía.

El Contratista deberá realizar las medidas de rigidez dinámica del sistema de sujeción completo según la norma EN 13146-9.

El Contratista definirá, como parte de los Estudios y Diseños Principales las rigideces verticales de los sistemas de fijación instalados en toda la vía férrea.

El Contratista deberá instalar el mismo sistema de fijación del riel que el utilizado sobre las vías en la EPLMB.

El sistema de fijación deberá asegurar un valor mínimo de aislamiento eléctrico vía férrea / estructura para una vía sencilla nueva superior a 50 Ω km (menor que 0,02 S/km) medida in situ en condiciones de ambiente seco. Este valor deberá medirse en el sitio al final de las obras. Como parte de la elaboración de los Estudios y Diseños Principales el Contratista podrá proponer un valor de aislamiento eléctrico menor; en este caso deberá presentar las memorias de cálculo del aislamiento eléctrico propuesto.

El criterio de corrosión indicado en EN50122-2 deberá cumplirse durante toda la vida útil del viaducto: máximo 200 mV de paso potencial positivo medido entre cualquier par de puntos bajo condiciones de hora pico.

Las cuñas de reglaje usadas para ajustar la posición del riel de espesor inferior a 2 mm deberán ser en acero inoxidable de alta calidad. Las de mayor espesor pueden no ser de acero inoxidable.

El Contratista presentará como parte de sus Estudios y Diseños Principales las tolerancias que utilizará para la fabricación de los distintos elementos del sistema de fijación para asegurar que cumple con las especificaciones técnicas incluidas en este documento.

Todos los elementos aislantes deberán ser compatibles con el uso en exteriores, sin degradación prematura y de acuerdo con la vida útil mínima requerida en este documento. Los sistemas de fijación del riel deberán cumplir los requisitos de las normas EN 13146 y EN 13481.

No se admitirán torcimientos, agrietamientos, decoloraciones ni secreciones del material.

Los aislantes deberán cumplir con la vida útil mínima requerida en este documento.

En el caso de elección de silla metálica, la suela aislante bajo la silla deberá tener un ancho superior, de más de 15 mm de cada lado de la silla para proteger el sistema de restos de concreto susceptibles de facilitar la propagación de corrientes parásitas en las estructuras.

Todos los componentes del sistema de fijación deberán ser diseñados para asegurar una correcta escorrentía del agua, favoreciendo un buen aislamiento y limitando así las fugas de corrientes parásitas.

Los pernos, tuercas y tornillos deberán ser galvanizados en caliente o tener un tratamiento anticorrosión aprobado.

Las almohadillas debajo del riel y almohadillas debajo de la silla deberán ser adaptadas a las condiciones climáticas de Bogotá, sin degradación de rigidez. Deberán ser resistentes al ozono y a la radiación UV.

Las inclusiones metálicas deberán ser galvanizadas en caliente para protección contra corrosión.

El sistema de fijación del riel deberá permitir, al menos, realizar ajustes verticales de 0 a 30 mm y horizontales de 0 a ± 10 mm.

Cada componente deberá ser objeto de un marcado apropiado y perenne. Estos marcados incluirán el nombre del proveedor, el código de la pieza y el año de fabricación.

El Contratista deberá presentar, como parte de los Estudios y Diseños Principales, los informes o reportes de las pruebas mecánicas y eléctricas realizadas por una entidad independiente en un montaje de vía férrea que tenga los mismos componentes del sistema de fijación propuesto, que tenga un sistema de tracción de corriente continua igual al requerido para la EPLMB y cuyas condiciones de carga sean iguales o superiores a las que resulten del diseño que el Contratista haga para la EPLMB. Dichas pruebas deberán haber sido realizadas dentro de los últimos dos (2) años.

El Contratista deberá presentar como parte de los Estudios y Diseños Principales los procedimientos, métodos de montaje y herramientas que empleará en la instalación de las fijaciones.

Las fijaciones de rieles deberán protegerse individualmente antes del hormigonado de modo que sus características de resistencia, elasticidad y aislamiento eléctrico no se vean afectadas por proyecciones durante el hormigonado.

El Contratista someterá al Cliente un juego de instrucciones definiendo el procedimiento a emplear en la instalación de las fijaciones. Las instrucciones describirán el método del mismo montaje y las herramientas requeridas para la instalación, con el fin de asegurar un rendimiento óptimo y una larga duración del servicio.

Las fijaciones de rieles deben protegerse individualmente antes del hormigonado de modo que sus características de resistencia, elasticidad y aislamiento eléctrico no se vean afectadas por proyecciones durante el hormigonado.

Se adoptó una tasa de 1667 sujeciones por kilómetro, lo que resultó en una distancia entre sujeciones de 60 cm.

Las fijaciones se embalarán de forma que se permita un almacenamiento exterior, en un área segura, aisladas del suelo protegidas del agua y en un lugar ventilado. Los cuerpos de las fijaciones se amontonarán en paletas y se atarán.

Los componentes pequeños del juego de fijación se embalarán por tipos de componente, en barriles o cajas y se identificarán claramente.

Inmediatamente después de haber terminado la fabricación, y antes del embarque, se protegerán con una pintura anti-corrosiva todos los artículos metálicos no recubiertos del juego de fijación. Dicha pintura será capaz de prevenir una corrosión para un mínimo de 18 meses durante el embarque, transporte y almacenamiento.

El Contratista someterá al Cliente un juego de instrucciones definiendo el procedimiento a emplear en la instalación de las fijaciones. Las instrucciones describirán el método del mismo montaje y las herramientas requeridas para la instalación, con el fin de asegurar un rendimiento óptimo y una larga duración del servicio.

Las fijaciones de rieles deben protegerse individualmente antes del hormigonado de modo que sus características de resistencia, elasticidad y aislamiento eléctrico no se vean afectadas por proyecciones durante el hormigonado.

El método de tendido de las vías y aparatos de vía seleccionados para el proyecto debe seguir el principio de "top-down". Para las vías sobre viaducto, las losas y las vigas de concreto armado se colarán obligatoriamente in situ.

El trazado de las vías se realizará a partir del levantamiento topográfico del viaducto transmitido por el lote OC. El reglaje de las vías deberá incorporar una contra flecha que será definida por el Contratista para tener en cuenta la fluencia de la estructura una vez que se ha colocado la vía.

Los métodos de tendido deberán ser compatibles con los niveles de ruido permitidos en cada zona.

El procedimiento de instalación "top-down" debe integrar por lo menos los siguientes pasos principales, pero esta lista no es exhaustiva:

- Verificación de los puntos de la poligonal establecidos por la ingeniería civil y marcado de los puntos característicos del trazado de cada vía sobre el viaducto,
- Control de la posición de los aceros en espera instalados en el viaducto, corrección de las posiciones si es necesario,
- Limpieza del tablero del viaducto,
- Suministro y ensamblaje de los rieles de rodadura y los sistemas de fijación de rieles,
- Instalación de las armaduras de cada viga,
- Verificación de la continuidad eléctrica de las armaduras,
- Ajuste aproximado de rieles y contra rieles en planimetría y altimetría,
- Instalación de los soportes de fijación del tercer riel,
- Instalación de encofrados para vigas y bloques de concreto que permiten la fijación del tercer riel,
- Ajuste preciso de los rieles,
- Comprobación precisa del ancho de vía, el peralte aplicado, la inclinación de los rieles,
- Verificación de la posición de los sistemas de fijación con respecto a los estribos de las armaduras de las vigas,
- Instalación de una protección individual de cada sistema de fijación de los rieles antes de la colada de concreto.
- Vertido del concreto,
- La vibración del concreto mediante una aguja vibradora,
- Alisado de las caras visibles del concreto y biselado de todas las aristas,
- Limpieza de rieles y sistemas de fijación cuando sea necesario,
- Curado del concreto
- Soldadura de rieles, constitución de los RLS
- Implementación de RLS,

- Posicionamiento de los contra-rieles,
- Liberación de tensiones en el RLS,
- Instalación del tercer riel,
- Ajuste del ancho de vía, altimetría y peralte,
- Ajuste de la posición horizontal y vertical del tercer riel con respecto al riel de rodadura,
- Limpieza de rieles y sistemas de fijación,
- Decalaminado de los rieles de rodadura.

6.1.4. SOLDADURAS

Para minimizar las operaciones de mantenimiento, mejorar la comodidad y reducir el deterioro de la vía y de las ruedas del Material Rodante, los rieles deberán ser soldados en la obra para constituir los rieles largos soldados (RLS).

Los cambiavías deberán ser incorporados al RLS.

Los rieles para toda la línea, salvo en los límites de la zona de cambio de vías, deberán ser soldados en cadenas continuas empleando: i) el proceso eléctrico de soldadura por chisporroteo con una máquina colocada encima de las vías que será capaz de ajustar las cabezas del riel en las soldaduras individuales, o ii) por proceso aluminotérmico de soldadura. Se deberá soldar eléctricamente en barras de mínimo 100 m de longitud antes de colocar los rieles, que posteriormente deberán ser soldados aluminio-térmica o eléctricamente.

El Contratista VF deberá proveer todos los suministros, equipos y personal cualificado necesarios para llevar a cabo todos los trabajos y el control de los trabajos de soldadura de acuerdo con las buenas prácticas.

Si las soldaduras se realizan in situ por aluminotermia, todas las actividades, incluidas la soldadura, las pruebas de calificación, la calificación de la soldadura y las pruebas de aceptación de la soldadura, deberán cumplir las normas europeas EN 14730-1 y EN 14730-2.

Si la soldadura se lleva a cabo in situ por chisporroteo todas las actividades, incluyendo la soldadura, las pruebas de calificación, la calificación de la soldadura y las pruebas de aceptación de la soldadura deberán cumplir con la norma europea EN 14587.

Los rieles que se encuentren dentro de los límites de la zona de cambio de vía deberán soldarse empleando un proceso aluminotérmico de soldadura, que deberá cumplir las normas europeas EN 14730-1 y EN 14730-2.

El Contratista deberá presentar como parte de los Estudios y Diseños Principales el procedimiento detallado de soldadura que pretende emplear en la ejecución de las obras de la EPLMB. El procedimiento propuesto deberá integrar las prescripciones del proveedor relacionadas con la verificación de los extremos de riel antes de la soldadura.

El Contratista deberá establecer la metodología de liberación de esfuerzos del RLS, adaptándola al rango de temperaturas local para la definición de la temperatura de referencia, de tensión nula en el riel.

El Cliente o su representante verificará todo o parte de los controles sobre las soldaduras que serán realizadas por el Contratista tal y como se indica a continuación.

Todas las soldaduras deben estar marcadas en la cabeza del riel. Se debe especificar el nombre del soldador, el mes y año de realización de la soldadura.

6.1.4.1. Pruebas en Laboratorio y en campo:

Si el prestador de servicios de soldadura no está homologado por una sociedad de ferrocarril UIC, antes de iniciar los trabajos de soldadura, el Contratista VF producirá las siguientes muestras de soldadura en presencia del representante del Cliente:

- 2 soldaduras para los rieles estándar de dureza del acero R260,
- 2 soldaduras para los rieles tratados térmicamente de dureza del acero R350HT,
- 2 soldaduras entre un cupón de riel estándar de dureza del acero R260 y un cupón de riel tratado térmicamente de dureza del acero R350HT.

Cada muestra de soldadura será inspeccionada por ultrasonidos.

Una soldadura muestra debe someterse a la prueba de flexión. La deflexión mínima en el punto de rotura será de 20 mm para los rieles estándar y de 12 mm para los rieles tratados térmicamente.

Las soldaduras deberán ser sometidas a las pruebas en laboratorio según las normas EN.

- Hasta 200 soldaduras: 2 muestras;
- Por cada 500 soldaduras adicionales: 1 muestra.

Tipo de ensayos:

- Ensayo de dureza
- Ensayo de fatiga (aplicación de carga cíclica).
- Las pruebas en el campo se realizarán a través de un estudio de defectoscopio o equivalente.

6.1.4.2. Verificación de geometría

Todas las soldaduras deben ser controladas geométricamente.

Las soldaduras son aceptadas siempre y cuando cumplan con las tolerancias dimensionales:

- Por chisporroteo: EN 14587-1, clase 2.
- Por aluminotermia: EN 14730-2; categoría D en alineamiento vertical; categoría Y en alineamiento horizontal.

Para las medidas se debe utilizar una regla metálica de 1 m sobre la soldadura.

6.1.4.3. Control por ultrasonidos

Las soldaduras deben someterse a una inspección por ultrasonidos según avanza la ejecución. 100% de las soldaduras tienen que ser controladas por ultrasonidos.

Todas las soldaduras de vías férreas sobre columnas deben ser verificadas por ultrasonidos.

6.1.5. CONTRARIEL

En el viaducto, en las curvas de radio $R < 300$ m, se deberá implantar un contrariel del lado del riel interior. El contrariel también se implantará en las clotoides de entrada y de salida de la curva.

Se deberá instalar contrarieles de perfil 33C1 en cada cambiavía.

El contrariel deberá tener un perfil 33C1 de tipo acero de calidad mínima de R200 conforme a la norma NF EN 13674-3.

Las distancias horizontales y verticales entre el riel y el contrariel serán diseñadas en función del radio de la curva y de las características del Material Rodante.

El riel de seguridad deberá estar alejado del riel de rodadura, de tal forma que en condiciones normales de servicio no exista contacto entre la rueda y el contrariel.

En las curvas, los segmentos del contrariel 33C1 se deberán ensamblar mediante soldadura aluminotérmica.

El Contratista deberá presentar, como parte de los Estudios y Diseños de Detalle, un estudio específico de interacción vía / estructura en estas áreas. Este estudio deberá definir el diseño del sistema de fijación del contrariel a la viga, mediante una de las siguientes alternativas:

- Un sistema que permita la dilatación longitudinal del contrariel soldado sobre todo el lineal, incluyendo la curva y los clotoides; o
- Un sistema bloqueando la dilatación longitudinal e interrupción del contrariel en cada extremo del vano.

El contrariel 33C1 deberá ser suministrado en barras de longitud mínima de 15,0 m.

El sistema de fijación del contrariel 33C1 a la viga deberá ser lo más compacto posible.

El Contratista debe proponer un procedimiento integrando en particular las prescripciones del proveedor relacionadas con la verificación de los extremos de riel antes de la soldadura. En cuanto sea posible, las soldaduras se localizarán, aproximadamente, en el centro entre los soportes de los rieles. La distancia mínima de la soldadura desde lo extremo del soporte del riel más próximo será de 100mm. Para conseguirlo, la distancia de los sistemas de fijación de rieles podrá ajustarse localmente en ± 20 mm a lo largo de diez asientos consecutivos, en cada lado de la soldadura.

Durante los trabajos de soldadura, cada tres horas se registrarán las temperaturas de los rieles y del aire.

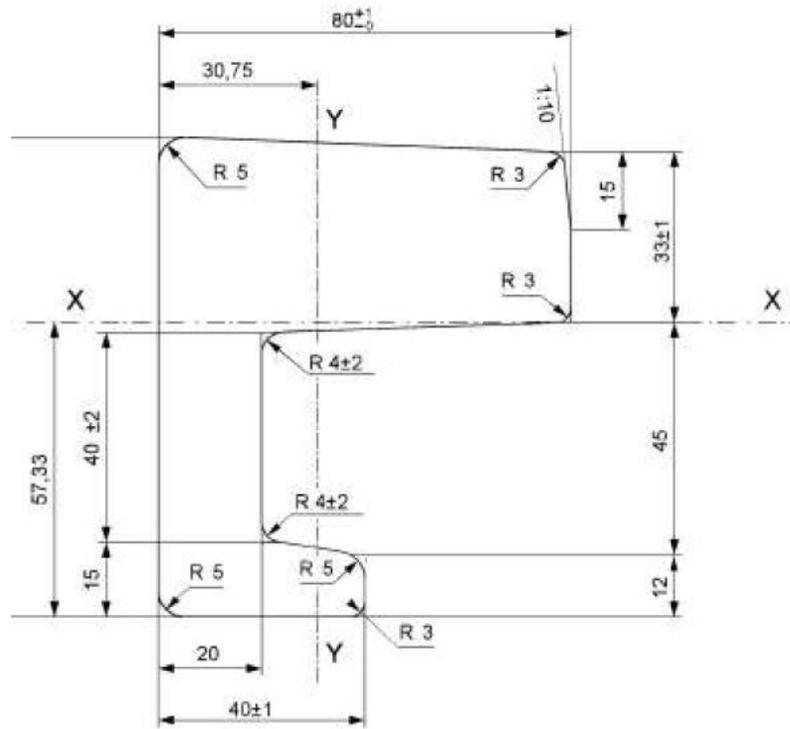


Ilustración 25 – Contrarriel perfil 33C1

6.1.6. JUNTAS AISLANTES

Las juntas aislantes pegadas/encoladas (JAP) deberán ser implantadas en los sitios que el Contratista defina en sus Estudios y Diseños Principales del sistema de alimentación eléctrica de la EPLMB.

La longitud nominal de un JAP deberá ser de 12 m.

El emplazamiento de las JAP se realizará en tramos rectos y se evitará en zonas de vía embebida.

Las JAP se deberán implantar en los cambiavías para conservar la polaridad de las filas de riel.

Todas las JAP deberán ser de una misma procedencia y se montarán "en fábrica", en dos "cupones de riel" de igual longitud. Deber ser fabricados por un proveedor homologado y contar con los necesarios ensayos de tracción y aislamiento.

Si el Contratista quiere realizar JAP in-situ, el Contratista deberá presentar, como parte de sus Estudios y Diseños Principales, el procedimiento de realización de una JAP in-situ y, asimismo, el Contratista deberá asegurar la homologación del material y personal asociados.

El adhesivo utilizado deberá prepararse mezclando una resina epoxi con un endurecedor, de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La resistencia mínima al corte deberá ser de 20 daN / mm², medida de acuerdo con la norma ISO 4587.

Los cupones deberán tener el mismo perfil que los rieles que los enmarcan y la misma dureza de acero, de acuerdo con la norma EN 13674-1.

Las bridas (eclisas) de 6 orificios deberán cumplir con la norma UIC 864-4 y deberán fabricarse con una dureza de acero de 470/570 N / mm². Las bridas deberán ser laminadas o forjadas según tolerancias especificadas en la norma UIC 864-4.

Los pernos deberán ser de alta resistencia (calidad 10.9 según las normas NF E 27-701, E 27-702 y E 27-711) y las juntas aislantes deberán estar recubiertas de una resina antiestática y antiadherente.

El Contratista deberá pegar la cabeza del riel, al exterior del contacto con la rueda del Material Rodante, a aproximadamente 1,50 m del eje de la JAP, una placa de aluminio para su identificación. Esta placa deberá especificar la siguiente información:

- Letra especificando el tipo de pegamento utilizado;
- Número de serie de fabricación;
- Identificación del año de fabricación del JAP;
- Símbolo indicando la dureza del acero del riel.

6.1.6.1. Ensayos

Las pruebas en el JAP deben llevarse a cabo de acuerdo con la norma SNCF CT IGEV 602, cuyos criterios principales se detallan a continuación, o el Manual AREMA para Ingeniería Ferroviaria.

Las siguientes pruebas y ensayos deben realizarse en las JAP:

- Ensayos de tracción: 1000 kN, deslizamiento < 0,1 mm:
 - 3 JAP para homologación,
 - luego con cada lote de pegamento, con al menos una prueba cada 50 JAP
- Prueba de aislamiento eléctrico: $R > 1 \text{ M}\Omega$ a U 500 V
 - 3 JAP para homologación,
 - luego en cada JAP,
- Rigidez dieléctrica: realizada con equipo elevador de tensión (c.a.) y que lleve un detector de descarga. La prueba será satisfactoria cuando al subir la tensión de 1 kv. hasta 4 kv. Durante un tiempo de 60 segundos y con aplicación de la tensión interponiendo la junta aislante, no haya descarga.
 - 3 JAP para homologación.

Las juntas que hayan sido aceptadas deberán ser rotuladas por el controlador por medio de punzón aplicado en la suela del riel con evidencia de la fecha de la prueba y clave del controlador.

6.1.7. DISPOSITIVO DE FIN DE VIA

Al extremo de las vías sobre viaducto se deberá prever un dispositivo de parada del Material Rodante adecuado para el sitio en el que será instalado.

En cada sitio en el que se implante, el dispositivo de fin de vía deberá permitir:

- Detener el Material Rodante;
- Evitar el daño de las estructuras cercanas a la vía, la vía y sus componentes, y los vehículos;
- Evitar que el Material Rodante impactando el dispositivo de fin de vía pueda elevarse por encima del dispositivo;
- Proporcionar un aislamiento eléctrico entre el dispositivo de fin de vía y el entorno contiguo.

Todos los dispositivos de fin de vía instalados deberán ser compatibles con los requisitos de la norma europea EN 15227.

El diseño del dispositivo de fin de vía deberá realizarse de tal manera que se adapte a las siguientes condiciones:

- Longitud máxima de instalación del sistema;
- Energía cinética por convertir, que depende de varios parámetros, en particular:
 - Masa del Material Rodante;
 - Pendiente de la vía;
 - Velocidad máxima de impacto por considerar;
- Adaptado a órganos de choque central o lateral;
- Estar ensamblados sobre rieles 54E1 o superior;
- Resistir a las condiciones atmosféricas y no ser sensibles a la corrosión.

El diseño, ubicación e instalación de estos dispositivos deberá tener en cuenta los diseños que el Contratista realice para el CBTC, la Señalización y la Alimentación Eléctrica.

Como elemento principal de seguridad, están sometidos a un análisis RAMS, el Contratista deberá facilitar un expediente de seguridad asociado a este suministro.

6.1.7.1. TOPE DE VÍA DESLIZANTE DE FRICCIÓN

El Contratista deberá instalar topes de vía deslizantes de fricción en el extremo de las vías V1 (o vía ascendente) y V2 (o vía descendente).

Los topes deberán ir asociados a amortiguadores hidráulicos para aumentar la capacidad de absorción de energía y reducir los daños en los acoples del Material Rodante.

El Contratista determinará la longitud de instalación, teniendo en cuenta la elección del Material Rodante.

El dispositivo de fin de vía deberá estar equipado con una señal de prohibición de cruce.

6.1.7.2. TACO MÓVIL DE PARADA

Los tacos de parada deberán ser compatibles con el perfil de riel propuesto de la vía, para poder montarse en el mismo. Dependiendo de las limitaciones, se pueden complementar con patines de fricción.

Una longitud de vía superior o igual al voladizo de las cajas del material rodante deberá ser prevista posteriormente a los tacos de parada para evitar todo impacto con el entorno exterior.

El Contratista VF deberá proveer para cada dispositivo de fin de vía:

- Planos de detalle,
- Especificaciones técnicas de los componentes,
- Notas de cálculo para el dimensionamiento de los dispositivos, y un estudio de riesgo,
- Informes de ensayos de calificación,
- Certificados de recepción,
- Procedimiento de instalación,
- Manual de mantenimiento.

6.1.8. CAMBIAVÍAS (APARATOS DE VÍA – ADV)

Los cambiavías deberán ser de agujas flexibles predispuestas para la maniobra eléctrica, con corazón monobloque de acero al manganeso y compuestos con todos los accesorios de unión para el apoyo sobre vigas y losas.

Deberán de ser concebidos para un mínimo de 1.000.000 de maniobras antes de una revisión general del mecanismo.

Los cambiavías deberán ser equipados de mecanismo de maniobra electromecánico con las siguientes características:

- Esfuerzo máximo de maniobra en Newton = 6000 N;
- Esfuerzo máximo de retención para los accionamientos talonables = 4000 N;
 - Duración de la maniobra deberá ser de un máximo de 4s
 - Comprobación independiente de los espadines: la distancia de apertura del espadín sin pérdida de comprobación deberá ser de un máximo de 10 mm.

Los cambiavías deberán ser diseñados de tal manera que puedan ser incorporados en RLS.

Los cambiavías que se deberán instalar para fases posteriores de extensión de la línea (hacia Mosquera desde la Línea Principal) no estarán equipados (no se instalará motorización, controlador, ni cerrojo de agujas). Las agujas estarán bloqueadas. Los cruzamientos y los cambios pueden reemplazarse temporalmente por rieles, pero todos los sistemas de fijación finales se colocarán en las losas para simplificar la futura conexión.

Los cambiavías deberán estar puestos sobre vigas (semicambios) o losas de concreto (vías intermedias y cruzamiento) y tendrán las siguientes características generales:

- Los cambiavías deberán ser suministrados completos, lo cual incluye las JAP fabricadas en taller, los soportes de concreto, todos los elementos de fijación (sillas específicas, sistemas de sujeciones, pernos, etc).
- Los cambiavías deberán colocarse sobre un soporte / durmiente de concreto pretensado u otros dispositivos que permitan el montaje, ajuste y fijación de las diferentes partes que componen el cambiavía antes del hormigonado. Los soportes / durmientes se harán con un concreto de grado mínimo C45/55 y acero de alto rendimiento (min. 460 MPa), y cumplir con los estándares EN 1990, EN 1991, EN 1992 y EN 13230.
- Los rieles en los cambiavías deberán ser de perfil 54 E1o superior, de dureza mínima de acero R260 y con una inclinación del 1/20 estarán soldados a la vía corriente (cambiavía incorporado al RLS).
- La posición detallada de los soportes de los rieles deberá respetar una distancia máxima de 620 mm.
- Todos los componentes de la zona de cambio de vías (cambiavías) deberán fabricarse con tolerancias dimensionales suficientes para asegurar que todas las unidades de las mismas partes de los componentes sean intercambiables.
- Los cambiavías no podrán instalarse sobre una junta estructural del viaducto. La distancia mínima a la junta más cercana será de 5 m.

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_RO

- Por razones de gálibo, los cambiavías deberán colocarse a una distancia mínima de 15 m respecto del extremo de la plataforma de estación.
- La fabricación de los componentes se hará por medio de máquinas-herramientas. Todos los componentes de los cambiavías sean especiales o normales como también los elementos pequeños, deberán ser conforme a las normas EN 13232, EN 13674-2, EN 13674-3, EN 14587-3, EN 13481-7 y a las especificaciones indicadas en este documento. Las piezas de acero al manganeso deberán cumplir con la norma UIC 840-2- O, categoría 2 (C2), matiz E-230-400-M o equivalente.
- En toda la longitud de los rieles de los cambiavías, no se permitirán juntas soldadas. Los rieles del cambio y la contra aguja se deberán diseñar para alojar todos los sensores necesarios para el sistema de control de los cambios de vías.
- Los cojinetes de deslizamiento deberán ser de baja fricción, no requerir lubricación durante su vida útil y sus componentes deberán ser fácilmente reemplazables.
- La fijación elástica de la contra aguja tendrá características equivalentes a las fijaciones estándar. El elástico deberá ser accesible para ser removido y cambiado sin tener que desmontar la silla.
- Los tirantes de separación y la palanca de accionamiento de aguja deberán ser aislados eléctricamente para garantizar el aislamiento de una fila de riel con respecto al otro.
- Los tirantes de separación y palanca de accionamiento de aguja deberán ser aislados eléctricamente para garantizar el aislamiento de una fila de riel con respecto al otro.
- La maniobra de los cambiavías deberá ser asegurada por un motor electromecánico asociado a una palanca de socorro que permita una maniobra manual en caso de ruptura de la alimentación eléctrica del motor.
- En los Estudios y Diseños Principales se establecerá la posición de la motorización, en el eje de la vía o fuera de ella. En el caso que el Contratista decida ubicar la motorización fuera de la vía, su posición deberá ser en el exterior de las vías para facilitar las operaciones de mantenimiento. Se tendrán que integrar todas las restricciones de interfaz y operacionales que se deriven de las especificaciones técnicas de infraestructura y de sistemas metro ferroviarios. La solución propuesta por el Contratista deberá estar integrada con los diseños de drenaje de las vías y las obras.
- El motor no podrá constituir un obstáculo para el gálibo nominal de obstáculos en la parte baja.
- El diseño de los motores deberá permitir una intercambiabilidad sencilla de un motor completo (conectores removibles sin daño de los terminales).
- El motor deberá tener un índice de estanqueidad IP67.

Los equipos de los cambiavías deberán variar según su posición:

- Los cambiavías en la EPLMB y el Ramal Técnico deberán estar equipados de un cerrojo de agujas externo y de controladores de bloqueo y de posición de la aguja. Estos controladores deberán vigilar la posición y el bloqueo de la aguja aplicada y el despegue de la aguja abierta.

Los corazones de los cambiavías deberán soldarse en monobloque en acero con manganeso, con punta fija y patas soldables de acero según la norma EN 13674-2, de calidad mínima R260. Los corazones serán soldados por chisporroteo en fábrica conforme a la norma europea EN 14587-3. Las superficies de contacto de las ruedas deberán estar completamente trabajadas mecánicamente, mediante cepillado o fresado.

Cada corazón del cambiavía deberá identificarse con marcas en letras de relieve que indicarán lo siguiente:

- Tipo, perfil y número de corazón de cruzamiento;
- Identificación del fabricante;
- Mes y año de fabricación.

Los contrarrieles y los soportes deberán ser compatibles con elementos de sujeción estándar.

El diseño de la Vía Férrea tendrá que estar realizado de tal forma que el cambiavía pueda ser ajustado con cuñas, si fuera necesario.

El Contratista deberá utilizar cambiavías con el corazón en acero con manganeso.

Contrariel 33C1: El contrariel deberá ser de perfil 33C1 y de dureza de acero como mínimo de R200 conforme a la norma EN 13674.

La parte superior del contrariel deberá quedar por encima o al nivel del plano de rodadura. Las cotas de implantación del contrariel se deberán determinar en los Estudios y Diseños de Detalle, como parte del estudio de la interfaz riel-rueda, con el fin de asegurar una transición suave y continua para la rueda al cruzar la laguna no guiada a nivel del corazón del cambiavía.

Continuidad eléctrica: Deberá garantizarse la continuidad del suministro eléctrico de manera ininterrumpida en los cambiavías.

Niveles de seguridad: el Contratista deberá presentar, como parte de los Estudios y Diseños de Detalle, un análisis RAMS de los cambiavías. Este análisis se efectuará de conformidad con los procedimientos y demás condiciones establecidas en este documento.

El Contratista deberá instalar al menos ocho (8) cambiavías en la EPLMB-Tramo 1. La ubicación de los cambiavías será la que se indica en el siguiente esquema:

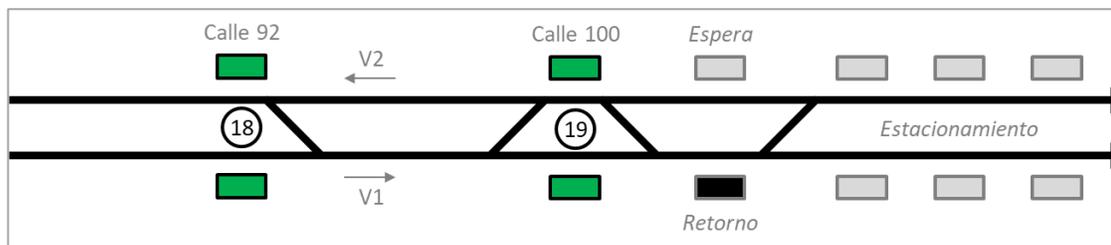


Ilustración 26 - Esquema de línea de plan operacional preliminar de la EPLMB

El Contratista deberá presentar como parte de sus Estudios y Diseños Principales la dirección de los cambiavías.

El Contratista VF debe proveer para el suministro y almacenamiento del equipo de estos aparatos de vía en el parque de recambio del operador / mantenedor.

Los aparatos de vía serán suministrados de tal manera que puedan ser incorporados en RLS: a la iniciativa del constructor según la metodología de incorporación propuesta.

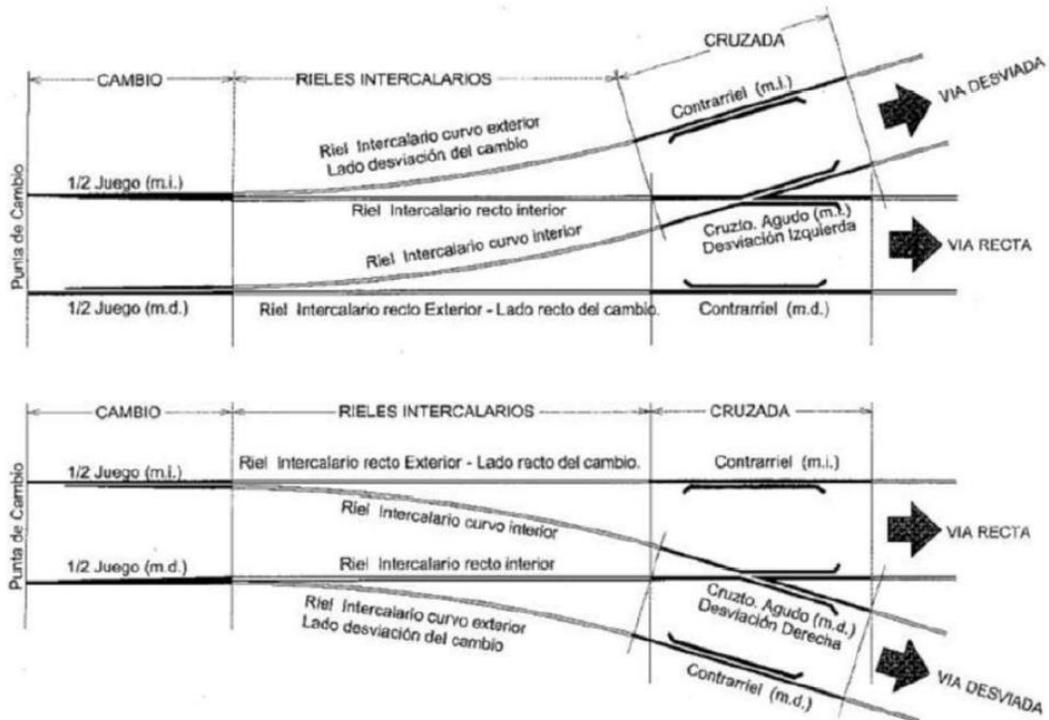


Ilustración 27 - Cambiavías

6.1.9. APARATOS DE DILATACIÓN (AD)

Los aparatos de dilatación (AD) deberán cumplir con norma EN 13232-8.

El Contratista deberá realizar un estudio completo de interacción vía / estructura (IRS), en cada zona específica, para determinar el número y la posición de los aparatos de dilatación requeridos en la EPLMB y en el Ramal Técnico. Las zonas particularmente sensibles son:

- Las zonas de transición entre diferentes tipos de colocación de vías;
- Los puentes de vano importante;
- Las zonas cercanas a una extremidad móvil de puente.

En los casos donde los aparatos de dilatación de los rieles no pueden ser evitados, su implantación deberá respetar las siguientes reglas:

- El radio horizontal de alineación será superior a 3 000 m;
- La alineación horizontal y el perfil vertical no estarán curvados simultáneamente;
- El aparato de dilatación deberá estar a una distancia mínima de 2.5 m de la junta de expansión estructural;
- El aparato de dilatación deberá estar a una distancia mínima de 300 m de otro aparato de dilatación; y
- El aparato de dilatación deberá estar a una distancia mínima de 150 m de un cambiavía (desvío).

En los Estudios y Diseños de Detalle se deberá prever el uso de sistema de fijación del riel de tipo "ZLR" (Zero Longitudinal Restraint - Ninguna Resistencia Longitudinal):

- para reemplazar los aparatos de dilatación, si es posible;
- entre la extremidad del vano importante y el aparato de dilatación, cuando no se recomienda la instalación de un aparato de dilatación expansión cerca la extremidad del vano por motivos de trazado (clotoide o curva).

La aguja móvil deberá ubicarse del lado de la estructura del vano más largo o del estribo, pero sin que las agujas del AD coincidan con la junta del puente.

El Contratista deberá poner conexiones equipotenciales en la zona de AD para asegurar la continuidad eléctrica de una misma fila de riel.

Los AD deberán ser constituidos de:

- Rieles de perfil 54E1 o superior y de clase de acero 350 HT;
- Sistemas elásticos de fijación de rieles con una rigidez vertical igual a la de los sistemas de fijación de la extensión.

La distancia entre sistemas de fijación, por una apertura máxima del AD, deberá ser inferior o igual a 700 mm y conforme a las recomendaciones del proveedor.

La longitud máxima expandible de los AD se deberá calcular a partir de las temperaturas extremas del riel, determinadas por el Contratista por mediciones in situ (termómetro insertado en el alma de un cupón de riel).

Dependiendo de la configuración (longitud máxima expandible), el proveedor del aparato de dilatación deberá especificar si se deben proporcionar contra rieles en el AD.

6.1.10. TERCER RIEL

De acuerdo con el análisis realizado, el tercer riel deberá cumplir con las especificaciones funcionales y técnicas definidas en el *Apéndice Técnico 5 - Especificaciones Técnicas de Diseño y Construcción de Viaducto y Edificios de Acceso - Sección 2 - Estructuras de Vías Férrea* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019.

6.1.11. OTROS COMPONENTES DE LA VÍA FÉRREA

De acuerdo con el análisis realizado, los otros componentes de la vía férrea deberán cumplir con las especificaciones funcionales y técnicas definidas en el *Apéndice Técnico 5 - Especificaciones Técnicas de Diseño y Construcción de Viaducto y Edificios de Acceso - Sección 2 - Estructuras de Vías Férrea* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019.

6.2 PRUEBAS DE LOS COMPONENTES DE LA VÍA Y DEL SUBSISTEMA TERCER RIEL

De acuerdo con el análisis realizado, las pruebas de los componentes de la vía y del subsistema tercer riel deben considerar lo especificado en la sección 4 del *Apéndice Técnico 5 - Especificaciones Técnicas de Diseño y Construcción de Viaducto y Edificios de Acceso - Sección 2 - Estructuras de Vías Férrea* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019

6.3 REALIZACIÓN DE LA OBRA

De acuerdo con el análisis realizado, la colocación de la vía férrea debe considerar lo especificado en la sección 5 del *Apéndice Técnico 5 - Especificaciones Técnicas de Diseño y Construcción de Viaducto y Edificios de Acceso - Sección 2 - Estructuras de Vías Férrea* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019.

6.4 CONTROLES, ENSAYOS Y PUESTA EN SERVICIO

De acuerdo con el análisis realizado, los controles, ensayos y puesta en servicio deben considerar lo especificado en la sección 6 del *Apéndice Técnico 5 - Especificaciones Técnicas de Diseño y Construcción de Viaducto y Edificios de Acceso - Sección 2 - Estructuras de Vías Férrea* del Contrato de Concesión No. 163 de 2019.

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

ANEXO 1: PLANTA Y PERFIL GEOMETRICO DE LA SUPERESTRUCTURA DE VIA

Referirse al plano EPLMB-EML-PL-SEV-00-0001_RB anexado al presente documento.

ANEXO 2: SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA

Referirse al plano EPLMB-EML-PL-SEV-00-0002_RB anexado al presente documento.

ANEXO 3: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA SUPERESTRUCTURA DE VÍA

Referirse al documento ETPLMB-ET08-L01-ITE-F-0001-R0 anexado.

ANEXO 4: ESTRUCTURAS DE VÍAS FÉRREAS

Referirse al documento Apéndice Técnico 5 - Sección 2 - Estructuras de vías férreas anexado.

ANEXO 5: APARATOS DE DILATACIÓN

Referirse al documento ETPLMB-ET08-L01-PLA-F-0504_R0 anexado.

ANEXO 6: RIEL DE PERFIL 54E1

Referirse al documento ETPLMB-ET08-L01-PLA-F-0501_R0 anexado.

ANEXO 7: APARATOS DE VÍA EN LINEA Y RAMAL TÉCNICO

Referirse al documento ETPLMB-ET08-L01-PLA-F-0004_R0 anexado.

ACOMPañAR A LA EMB/FDN EN LAS ACTIVIDADES DE LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LA PLMB-TRAMO 1 HASTA EL SECTOR DE LA CALLE 100 CON AUTOPISTA NORTE

ENTREGABLE 8 – SUPERESTRUCTURA DE VÍA
EPLMB-EML-E8-SEV-0001_R0

ANEXO 8: LÍNEA Y RAMAL TÉCNICO – ALINEACIÓN RECTA

Referirse al documento ETPLMB-ET08-L01-PLA-F-0001_R0 anexoado.

ANEXO 9: ESQUEMA DE VÍAS

Referirse al documento EPLMB-EML-PL-SEV-00-0003_R0 anexoado.

ANEXO 10: ESQUEMA DE VÍAS Y SITUACIÓN DE LOS APARATOS DE VÍA

Referirse al documento EPLMB-EML-PL-DGF-00-0003_R0 anexoado.