



BOGOTÁ, DISTRITO CAPITAL
SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD
EMPRESA METRO DE BOGOTÁ, S.A.

CONTRATO DE CONCESIÓN
CONTRATO N. 163 DE 2019

Entre:

Concedente:

Empresa Metro de Bogotá S.A.

Y

Concesionario:

METRO LINEA 1 S.A.S

**Apéndice Técnico 7 – Especificaciones técnicas de diseño, fabricación y suministro de
Material Rodante**

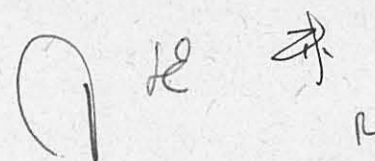
Primera Línea del Metro de Bogotá

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	12
2.	ALCANCE GENERAL.....	14
2.1	Contenido de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante	14
2.1.1	Estudios funcionales generales	14
2.1.2	Estudio de la eficiencia en el consumo energético del Material Rodante.....	15
2.1.3	Memoria técnica de los equipos y materiales	15
2.1.4	Características detalladas de las interfaces	16
2.1.5	Estudios detallados de definición, fabricación, instalación y pruebas de cada componente del Material Rodante.	16
2.2	Normas y Códigos aplicables	16
3.	REQUERIMIENTOS OPERACIONALES GENERALES.....	17
3.1	Requerimientos Operativos básicos del Material Rodante.....	17
3.2	Tensión de alimentación de los Trenes y Sistema de captación.....	19
3.3	Simulación operacional	20
4.	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y TÉCNICOS	22
4.1	Generalidades	22
4.2	Configuración del Tren.....	22
4.2.1	Dimensiones del Coche.....	23
4.2.2	Dimensiones de los bogíes.....	23
4.2.3	Gálíbos del Tren.....	23
4.2.4	Procedimientos de Cálculo del Gálíbo Dinámico	23
4.2.5	Modularidad en el Diseño del Tren y Accesibilidad a los Equipos.....	24
4.2.6	Definición de las capacidades del Tren	25
4.2.7	Definición de los pesos del Tren.....	25
4.2.8	Peso máximo por eje.....	25
4.2.9	Capacidad de pasajeros sentados	26
4.2.10	Capacidad de pasajeros de pie	26
4.3	Desempeños cinemáticos del Tren	26
4.3.1	Desempeños de Tracción	27
4.3.1.1	Condiciones generales	27
4.3.1.2	Desempeños nominales	27
4.3.1.3	Desempeños en modo degradado	27
4.3.2	Desempeños de Frenado	28

4.3.2.1	Condiciones generales	28
4.3.2.2	Prestaciones nominales y degradadas.....	28
4.4	Requerimientos para la operación del Tren.....	29
4.4.1	Funcionamientos del Tren.....	29
4.4.2	Conducción y operación del Material Rodante.....	29
4.4.2.1	Estados del Material Rodante	29
4.4.2.2	Determinación del sentido en servicio.....	30
4.4.2.3	Modos de conducción del Material Rodante	31
4.4.2.4	Sistema de Vigilancia de presencia de operador	31
4.4.2.5	Características de la consola de conducción	32
4.4.2.6	Manipulador	33
4.4.2.7	Apoyo para el conductor.....	34
4.4.2.8	Sistema de Control y Mando del Tren.....	34
4.4.2.9	Medición de velocidad y desplazamiento del Tren	35
4.4.2.10	Sistema de Modo de Conducción en CBTC.....	36
4.5	Funcionamiento del Tren en modo degradado	36
4.5.1	Condiciones para evaluar el modo degradado	36
4.5.1.1	Tracción en modo degradado	36
4.5.1.2	Frenado de Servicio en modo degradado	36
4.5.1.3	Frenado de Urgencia en modo degradado	37
4.5.1.4	Aislamiento del freno en modo degradado.....	37
4.5.2	Remolque de Trenes averiados	37
4.6	Caja.....	38
4.6.1	Criterios estructurales de la caja	38
4.6.1.1	Vida útil	38
4.6.1.2	Tipología de las cajas	38
4.6.1.3	Estructura de la caja.....	38
4.6.1.4	Pintura y revestimiento.....	40

4.6.1.5	Resistencia a la colisión “crash” – Generalidades-	40
4.6.1.6	Resistencia lateral de la caja:.....	42
4.6.1.7	Suposiciones de carga de la caja.....	42
4.6.1.8	Bastidor de la caja.....	42
4.6.1.9	Aislamientos de la caja	43
4.6.1.10	Techo	43
4.6.1.11	Punto de Levante	43
4.6.2	Criterios complementarios de la caja	44
4.6.2.1	Aspectos Generales.....	44
4.6.2.2	Interiorismo	44
4.6.2.3	Ergonomía para los pasajeros	45
4.6.2.4	Espacios para personas con movilidad reducida (PMR)	45
4.6.2.5	Pasamanos	46
4.6.2.6	Revestimiento interior	46
4.6.2.7	Extremo de la caja	47
4.6.2.8	Ventanas	48
4.6.2.9	Parabrisas.....	48
4.6.2.10	Limpia- parabrisas	49
4.6.2.11	Cubiertas.....	49
4.6.2.12	Asientos	49
4.6.2.13	Iluminación interior normal.....	50
4.6.2.14	Iluminación de emergencia.....	51
4.6.3	Señalización de la Caja	52
4.6.3.1	Señalización de seguridad	52
4.6.3.2	Información operativa del Tren	52
4.6.3.3	Señalización externa del sistema de puerta	52



4.6.3.4	Fanales para movimiento del Tren	52
4.6.3.5	Luces de Identificación e indicador de recorrido.	53
4.6.3.6	Fanal frontal para CCTV y evacuación	53
4.6.3.7	Inscripciones y Placas interiores.....	53
4.6.4	Pisos	54
4.6.4.1	Estructura del piso	54
4.6.4.2	Planitud de Superficies	54
4.6.4.3	Recubrimiento del Piso.....	55
4.7	Pasillos de Inter-circulación	56
4.7.1	Generalidades.....	56
4.7.2	Fuelle de pasillo de inter-circulación	57
4.8	Uniones entre Coches	57
4.8.1	Requerimientos generales de los enganches	57
4.8.2	Enganche semiautomático – Generalidades-	59
4.8.2.1	Acoplamiento	59
4.8.2.2	Desacoplamiento	59
4.8.3	Enganche semipermanente.....	60
4.8.4	Acoples eléctricos	60
4.9	Pinturas y recubrimientos	61
4.9.1	Generalidad	61
4.9.2	Materiales y Preparación.....	61
4.9.3	Pintura exterior de la caja	62
4.9.4	Pintura interior de la caja	62
4.10	BOGÍES.....	63
4.10.1	Generalidades.....	63
4.10.2	Bastidor del bogie	64
4.10.3	Suspensiones primarias	66
4.10.4	Unión y Apoyo de la Caja sobre el Bogie.....	67
4.10.5	Suspensión secundaria	67
4.10.6	Equipo de freno montado en el bogie	68
4.10.6.1	Discos de freno	68
4.10.6.2	Pastillas de freno.....	69

Q de 21.

4.10.6.3	Freno de inmovilización	69
4.10.7	Equipos auxiliares del bogie	69
4.10.7.1	Equipos neumáticos	69
4.10.7.2	Equipo eléctrico	70
4.10.7.3	Generadores de frecuencia para equipo Antideslizamiento y Anti patinaje 70	
4.10.8	Ruedas, ejes y Eje-Cajas	71
4.10.8.1	Perfil de la rueda	71
4.10.8.2	Dispositivo de Lubricación	72
4.10.8.3	Eje montado	72
4.10.8.4	Cuerpo del Eje	72
4.10.8.5	Guiado de ejes	73
4.10.8.6	Rodamientos de los Ejes	73
4.10.8.7	Cajas de Engrase	73
4.10.9	Transmisión de esfuerzos longitudinales y transversales	74
4.10.10	Motor de Tracción	74
4.10.10.1	Enfriamiento del Motor	75
4.10.10.2	Acople del Motor	75
4.10.10.3	Reductor	76
4.10.10.4	Sensores de Velocidad	77
4.10.11	Equipo CBTC montado en el bogie	77
4.10.12	Quita Piedras	77
4.10.13	Detección de obstáculos para el Tren	77
4.10.14	Detección de descarrilamiento	78
4.11	Equipos neumáticos	78
4.11.1	Generalidades	78
4.11.2	Unidad de Compresión de Aire	79
4.11.3	Motor Eléctrico	80
4.11.4	Secador de Aire	80
4.11.5	Tanques de Aire Comprimido	80
4.11.6	Control, Mando y Regulación	80

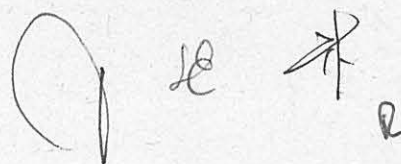
Handwritten marks: a large circle, the letters "le", and some scribbles.

4.12	Puertas para Pasajeros	81
4.12.1	Generalidades.....	81
4.12.2	Control de las Puertas en Operación Nominal.....	82
4.12.3	Cierre de puertas	83
4.12.4	Apertura de puertas	84
4.12.5	Acceso para el Operador del Tren	85
4.12.6	Requerimientos Constructivos de las Hojas de las Puertas	86
4.12.7	Sistema de Bloqueo de Puerta.....	87
4.12.8	Dispositivo de Señal de Alarma.....	87
4.12.9	Dispositivo de Liberación de las Puertas en Emergencia	88
4.12.10	Enclavamiento de las Puertas y Seguro de las Puertas	89
4.12.11	Detección de obstrucción.....	89
4.13	Sistema de Ventilación	90
4.14	Energía de Tracción 750 V cc	91
4.14.1	Captación de Energía en la Vía.....	91
4.14.2	Frotador de Contacto.....	91
4.15	Convertidores estáticos.....	92
4.15.1	Características de los Convertidores Estáticos	92
4.15.2	Montaje y Construcción.....	94
4.16	Baterías	94
4.17	Equipos de tracción y frenado	95
4.17.1	Generalidades.....	95
4.17.2	Tracción	97
4.17.2.1	Propulsión.....	97
4.17.2.2	Sistema de Enfriamiento.....	97
4.17.2.3	Disyuntor ultra rápido.....	98
4.17.3	Freno	99
4.17.3.1	Generalidades	99
4.17.3.2	Frenado de Servicio Operacional	100
4.17.3.3	Frenado de Urgencia.....	100
4.17.3.4	Frenado de Inmovilización	101
4.17.3.5	Frenado de Parada	101
4.17.3.6	Resistencia de Freno.....	102

12

Handwritten marks and signatures at the bottom right of the page.

4.18	Transmisión de información y grabación a bordo	102
4.18.1	Transmisión de Información y Grabación a Bordo - Generalidades	102
4.18.2	Grabación en la caja negra para operación	103
4.18.3	Grabación para el mantenimiento	103
4.19	Circuito eléctrico y electrónico.....	104
4.19.1	Generalidades.....	104
4.19.2	Condiciones Generales de Funcionamiento.....	105
4.19.3	Influencia sobre las Instalaciones Eléctricas Exteriores	105
4.19.4	Equipo Eléctrico de Potencia y Auxiliares	105
4.19.5	Protecciones y Seguridades.....	106
4.19.6	Cableados de alta y baja tensión	106
4.19.7	Cables y Conexión a Tierra.....	108
4.19.8	Elementos de Protección Eléctrica.....	109
4.19.9	Sistema de Control y Señalización	109
4.20	Sistema de Comunicación Embarcado	110
4.20.1	Generalidades.....	110
4.20.2	Alcance y perímetro del sistema de comunicación embarcado	110
4.20.2.1	Configuración Inicial.....	111
4.20.3	Especificaciones generales de los sistemas de comunicación embarcados - Aspectos generales.....	111
4.20.4	Radiocomunicación Tetra y Red Banda Ancha - Generalidades.....	115
4.21	Radiocomunicación TETRA y Red Banda Ancha	115
4.21.1	Requerimientos Funcionales Generales.....	115
4.21.2	Requerimientos Funcionales Específicos	116
4.21.3	Radiocomunicación TETRA y Red Banda Ancha – Requisitos de Instalación	117
4.22	Red Local (LAN) a Bordo del Tren.....	118
4.22.1	Funcionalidades	118
4.22.2	Características Técnicas.....	119
4.22.3	Requisitos Cuantitativos	119
4.22.4	Rendimiento.....	119
4.22.5	Seguridad	119
4.22.6	Configuración y supervisión	120
4.23	Telefonía / Interfonía	120
4.23.1	Aspectos Generales.....	120
4.23.2	Requerimientos Funcionales.....	120
4.23.3	Modelo de Operación.....	121



4.23.4	Interfonía.....	122
4.23.5	Operación en Situaciones Degradadas.....	122
4.23.6	Características Técnicas.....	122
4.24	Sistema de Información a Pasajero (SIP) y Difusión de Publicidad (DDP).....	124
4.24.1	Generalidad.....	124
4.24.2	Requerimientos funcionales.....	125
4.24.3	Arquitectura de los sistemas SIP y DDP.....	126
4.24.3.1	Generalidades	126
4.24.3.2	Características de las pantallas SIP y DDP	127
4.24.3.3	Seguridad	128
4.25	Sistema CCTV.....	128
4.25.1	Generalidades.....	128
4.25.2	Requerimientos funcionales.....	128
4.25.3	Modelo de operación - Generalidades	129
4.25.4	Modelo de operación – Zonas al interior del Tren.....	129
4.25.5	Modelo de Operación – Zonas al Exterior del Tren	130
4.25.6	Modelo de operación – Grabación de las imágenes.....	130
4.25.7	Modelo de Operación.....	131
4.25.7.1	Operación en situaciones normales	131
4.25.7.2	Operación en situaciones degradadas.....	131
4.25.8	Especificaciones técnicas del Sistema CCTV.....	132
4.25.8.1	Generalidades	132
4.25.8.2	Cámaras para las zonas interiores y exteriores del Tren	133
4.25.8.3	Grabadores de Video	134
4.26	Sistema de Anuncios Pasajeros (SAP)	134
4.26.1	Generalidades.....	134
4.26.2	Especificaciones Funcionales	134
4.26.3	Requerimientos Técnicos.....	135
5.	REQUERIMIENTOS DE RUIDO Y VIBRACIONES	136
5.1	Ruido	136
5.1.1	Diseño acústico del Material Rodante	136
5.1.2	Caracterización de la potencia acústica de las fuentes.....	136
5.1.3	Caracterización de las propiedades de mitigación acústica de los componentes de la caja del Material Rodante.....	137

5.1.4	Caracterización de los índices de inteligibilidad del habla del sistema de megafonía dentro del material rodante	137
5.1.5	Caracterización de los índices de inteligibilidad del habla del sistema de megafonía dentro del material rodante	137
5.1.6	Ruidos parásitos	138
5.1.7	Límites máximos permisibles de los niveles de ruido	138
5.1.8	Niveles de ruido al interior del tren	139
5.1.8.1	Niveles máximos de ruido cuando el Tren está parado en una estación	139
5.1.9	Niveles máximos de ruido cuando el Tren está circulando a velocidad constante	139
5.1.10	Niveles de ruido al exterior del Tren	140
5.1.10.1	Niveles máximos de ruido cuando el Tren está parado en campo abierto	140
5.1.10.2	Niveles máximos de ruido cuando el Tren está circulando a velocidad constante en sección recta.....	141
5.1.10.3	Niveles máximos de ruido cuando el Tren está en fase de aceleración y de desaceleración.....	141
5.1.10.4	Niveles máximos de ruido cuando el tren está circulando a velocidad constante en secciones con curva de radio inferior o igual a 400 m	142
5.1.10.5	Inteligibilidad de los mensajes vocales difundidos mediante el sistema de megafonía	144
5.2	Vibraciones.....	144
6.	REQUERIMIENTOS ESTÉTICOS DEL MATERIAL RODANTE	145
6.1	Generalidades	145
6.2	Colores Exteriores de los Trenes	145
6.3	Colores Interiores de los Trenes	146
6.4	Silletería y Amoblamiento Interior.....	147
6.5	Tipografía	147
6.6	Olor y Contacto	148
6.7	Modelación 3D	148
6.8	Maqueta de ergonomía, confort y estética.....	148
6.9	Procedimiento de Aprobación del Diseño Estético	149
7.	REQUISITOS RAMS	150
7.1	Generalidades	150
7.2	Seguridad activa	150

7.2.1	Dispositivo exterior de alarma audible (Bocina)	150
7.2.2	Bucle de seguridad	151
7.3	Seguridad Pasiva	151
8.	Fase de Pruebas, Certificaciones y Puesta en Marcha	153
8.1	Generalidades	153
8.2	Definición de las Pruebas	154
8.3	Programa de Pruebas	154
8.4	Informe de Pruebas	155
8.5	Revisión y No Objeción del Informe de Pruebas	155
8.6	Pruebas de Verificación.....	156
8.7	Pruebas Tipo	156
8.7.1	Pruebas tipo del Tren completo	156
8.7.2	Pruebas tipo de equipos o sistemas individuales	156
8.7.3	Verificación de las funcionalidades y de las características generales y mecánicas de los Coches.....	157
8.7.4	Verificación de las funcionalidades y de las características eléctricas de los Coches.....	157
8.7.5	Pruebas realizadas en el taller y en la línea de la PLMB para el primer Tren	158
8.8	Pruebas Serie	158
8.8.1	Pruebas estáticas del Tren	159
8.8.2	Pruebas dinámicas en la vía de pruebas del constructor	160
8.9	Pruebas de Recepción	161
8.9.1	Pruebas en el Sitio de Bogotá	161
8.9.2	Pruebas de integración con subsistemas en Interface	161
8.9.3	Recorridos Preoperacionales.....	161
8.9.4	Aceptación de las pruebas de recepción	162
9.	CAPACITACIÓN	163
9.1	Generalidades	163
9.2	Capacitación para el personal	164
9.3	Simulador de conducción y averías	164
9.3.1	Realismo y flexibilidad,	165
9.3.2	Facilidad de actualización y escalabilidad:.....	165
9.4	Personal implicado	166
9.5	Programa de Capacitación	166
9.6	Material de formación	168

1. INTRODUCCIÓN

- (a) De conformidad con lo previsto en la Sección 1.126 del Contrato de Concesión, el presente Apéndice contiene las obligaciones específicas del Concesionario en lo relacionado con el Material Rodante del Proyecto.
- (b) Los términos en mayúscula inicial que se usan en este Apéndice, estén utilizados en forma singular o plural, tendrán el significado asignado a dichos términos en el Contrato de Concesión, y de no estar comprendidos en dicho documento, el que se señale en el Apéndice Técnico 1. Las palabras técnicas o científicas que no se encuentren definidas expresamente en el Contrato de Concesión o en el Apéndice Técnico 1 tendrán los significados que les correspondan según la técnica o ciencia respectiva y las demás palabras se entenderán en su sentido natural y obvio, según su uso común.
- (c) El cumplimiento de las normas, parámetros y especificaciones que se establecen en este Apéndice es obligatorio para el Concesionario de conformidad con lo establecido en el Contrato de Concesión, y su incumplimiento tendrá las consecuencias establecidas en el Contrato de Concesión.
- (d) La aplicación e interpretación de este Apéndice se hará en concordancia con lo establecido en el Contrato de Concesión y las demás Especificaciones Técnicas. En todo caso, de presentarse alguna contradicción entre lo previsto en este Apéndice y los demás documentos contractuales, se atenderá a lo previsto en la Sección 23.17 del Contrato de Concesión, de acuerdo con lo señalado en la Sección 9.8(c) de dicho Contrato. Cualquier contradicción entre las disposiciones contenidas en este Apéndice, o cualquier otra necesidad de ajuste de las Especificaciones Técnicas establecidas en el mismo, será resuelta siguiendo lo establecido en la Sección 9.8 del Contrato de Concesión.
- (e) Los cálculos y estimaciones que, de conformidad con el presente Apéndice, deba hacer el Concesionario en los Estudios y Diseños, se entienden hechos sin perjuicio de la responsabilidad y riesgo del Concesionario de cumplir con todas y cada una de las obligaciones de resultado contenidas en las Especificaciones Técnicas. Por consiguiente, dichos cálculos y estimaciones de ninguna manera limitan o modifican las obligaciones y/o riesgos que el Contrato de Concesión y sus Especificaciones Técnicas han establecido en cabeza del Concesionario.
- (f) A menos de que el presente Apéndice señale expresamente algo diferente, las referencias a regulaciones y normas técnicas deben entenderse hechas a la versión de la regulación o norma más reciente al momento de la expiración del plazo para la presentación de las ofertas, de acuerdo con el Pliego de Condiciones.
- (g) Todas las características, parámetros y requisitos establecidos en este Apéndice son mínimos, de tal forma que el Concesionario podrá, a su entera discreción, adelantar actividades, o instalar equipos y sistemas con características y requisitos que excedan aquellos solicitados, siempre y cuando garantice el cumplimiento de las obligaciones

de resultado establecidas en las Especificaciones Técnicas, incluyendo los objetivos y requisitos RAM, y los Indicadores de Operación y Mantenimiento.

v

01

le

✱

2. ALCANCE GENERAL

El presente documento constituye el apéndice que define las especificaciones funcionales y técnicas para el diseño de detalle, la fabricación, la provisión, las pruebas, la obtención de permisos y certificaciones y la puesta en marcha del Material Rodante de la PLMB.

[ID_BOG_MRO_001];

Los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante deberán:

- Cumplir con las normas contenidas en el capítulo 5 del Apéndice Técnico 2.
- Cumplir con aquellas normas señaladas en el presente Apéndice.
- Garantizar una vida útil mínima de 40 años para el Material Rodante, sin perjuicio de la obligación del Concesionario de reponer aquellos componentes del Material Rodante para los que, de conformidad con el presente Apéndice, sea admisible una vida útil inferior.
- Cumplir con las Especificaciones Técnicas que se describen tanto en el presente como en los demás Apéndices Técnicos.
- Cumplir con el contenido mínimo de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante que se señalan a continuación, así como aquel contenido mínimo de detalle que se señala en otros apartes de este Apéndice, a más tardar en la fecha señalada en el Contrato de Concesión

[END]

2.1 Contenido de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante

[ID_BOG_MRO_002];

El Concesionario deberá entregar al Interventor y a la EMB los productos que corresponden a los estudios descritos a continuación como parte de los Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante.

[END]

2.1.1 Estudios funcionales generales

[ID_BOG_MRO_003];

Los estudios funcionales de detalle del Material Rodante se refieren a la definición de las características del Material Rodante que permitirán cumplir con las Especificaciones Técnicas definidas para el Material Rodante y con las interfaces con Obras de Construcción, Obras de Edificaciones y Sistemas Metro-Ferroviarios.

[END]

[ID_BOG_MRO_004];

Los informes técnicos entregados por el Concesionario durante los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante deberán incluir como mínimo lo siguiente:

- Descripción y características generales del Material Rodante;
- Fichas técnicas, descripción del funcionamiento de cada componente del Material Rodante;
- Fichas técnicas, descripción del funcionamiento de cada equipo embarcado;
- Informe de definición de la potencia y el consumo para cada equipo para cada estado del Tren (en modo operación normal, reposo y preparado);
- Definición de las masas y sus proporciones (masa en vacío/masa en carga);
- Definición del total y de la repartición de las masas giratorias;
- Definición de las dimensiones internas y externas,
- Notas de cálculo y justificaciones de los gálibos estático y dinámico del Tren;
- Definición del comportamiento de los frenos eléctricos y mecánicos,
- Definición del comportamiento preliminar del bogie,
- Estudios de las suspensiones,
- Estudios de los motores de tracción, reductores, etc.,
- Análisis de los elementos críticos del diseño (elementos relativos a la seguridad estructural en caso de accidente, compatibilidad electromagnética);
- Manuales de Operación y Mantenimiento;
- Listados de los repuestos y herramientas necesarios para realizar el Mantenimiento correctivo y preventivo;
- Protocolo de pruebas (realización, pruebas y recepción, en fabrica y en el sitio, equipos en plataforma, estáticas y dinámicas, integración y Marcha Blanca).

[END]

2.1.2 Estudio de la eficiencia en el consumo energético del Material Rodante

Este estudio se refiere a las simulaciones de marcha de los Trenes en las condiciones de trazado, de carga y de operación de los Trenes en la PLMB, con la definición de las potencias y corrientes de tracción y niveles de regeneración en frenado eléctrico.

2.1.3 Memoria técnica de los equipos y materiales

Este estudio se refiere a la definición de los materiales y procedencias de los componentes del Material Rodante.

[ID_BOG_MRO_005];

Este estudio deberá incluir como mínimo la producción de lo siguiente:

- Fichas de productos de cada componente con sus especificaciones técnicas e identificaciones de procedencia;
- Certificaciones o homologaciones de materiales, componentes o equipos;
- Estudios de adecuaciones eléctricas y mecánicas necesarias para la instalación de equipos;
- Estudio de desarrollo sustentable (elección de los materiales, procedimientos de fabricación, etc.);
- Estudio de Mantenibilidad (elección de las tecnologías, herramientas específicas).

[END]

2.1.4 Características detalladas de las interfaces

[ID_BOG_MRO_006];

Este estudio se refiere a la identificación y a la definición de la resolución de las interfaces entre el Material Rodante y las Obras de Construcción, las Obras de Edificaciones y los Sistemas Metro-Ferroviosarios.

Este estudio deberá incluir como mínimo la identificación y la definición de la resolución de las siguientes interfaces:

- Interfaces con las obras civiles (viaducto, estaciones y estructuras del Patio-Taller);
- Interfaces con la vía férrea;
- Interfaces con el sistema de alimentación de energía eléctrica;
- Interfaces e integración del equipo embarcado del CBTC;
- Interfaces e integración de los equipos embarcados de telecomunicaciones.

[END]

2.1.5 Estudios detallados de definición, fabricación, instalación y pruebas de cada componente del Material Rodante.

[ID_BOG_MRO_007];

Este estudio se refiere a la definición de las características técnicas detalladas de cada componente del Material Rodante.

Este estudio deberá incluir la producción, como mínimo, de las características técnicas detalladas, de planos de fabricación, procedimientos de fabricación, instalación y pruebas de los siguientes componentes:

- Bastidor (análisis de los esfuerzos);
- Caja (análisis de los esfuerzos);
- Bogie (análisis de los esfuerzos, dinámica del bogie);
- Suspensiones;
- Sistemas de control y comando Tracción y Frenado;
- Equipos y Motores de Tracción;
- Equipos de Freno eléctrico y mecánico;
- Enganches e inter-circulaciones;
- Puertas de acceso pasajeros;
- Instalaciones interiores y exteriores;
- Acabados arquitectónicos interiores y exteriores.

[END]

2.2 Normas y Códigos aplicables

La Normativa aplicable para el Material Rodante se encuentra referenciada en el Apéndice Técnico 2.

3. REQUERIMIENTOS OPERACIONALES GENERALES

3.1 Requerimientos Operativos básicos del Material Rodante

Los requisitos y criterios operativos del Proyecto se encuentran definidos en el Apéndice Técnico 10, para lo cual el Concesionario deberá cumplir con los siguientes requerimientos operativos básicos del Material Rodante:

Dimensiones del Material Rodante	Número de Trenes de Pasajeros	30
	Longitud total máxima del Tren (6 o 7 Coches)	145 m
	Ancho mínimo del Tren	2,90 m
	Altura máxima desde la cabeza del riel al techo del Tren	3,90 m
	Altura mínima libre desde el piso al cielo del Coche:	2,10 m
	Altura desde la cabeza del riel al piso del Tren	1 100 mm +50/-0
	Peso máximo por eje con carga excepcional (8 pasajeros/m ²)	15,5 Toneladas
	Diferencia de carga máxima entre bogie para un Coche vacío	± 3 %.
Características Generales de los Coches	Diferencia de carga máxima entre ruedas de un mismo eje	± 4 % ¹
	Distancia entre centros de bogies	A definir por el Concesionario ²
	Distancia máxima entre ejes de un bogie	2 500 mm
	Separación horizontal entre el piso del Tren y la plataforma de embarque.	≤ 50 mm
	Nivel del piso del Tren respecto al nivel superior de la plataforma de embarque o pasillo de evacuación.	+ 50 – 0 mm para las secciones rectas del viaducto o en curvas de radio igual o superior a 900 m; + 300 – 0 mm para las secciones de viaducto situadas en curvas de radio inferior a 900 m.
	Espacio entre el Tren y las “Puertas de Andén o Plataforma”	Máximo de 130 mm, medidos a una altura de 1,2 m desde el piso de la plataforma, según la norma ASCE 21-00 parte 3.
	Desgaste diametral máximo de la rueda	70 mm

¹ A condición de que el diseño y la realización de la vía férrea sean coherentes con esta desviación

² Parámetro directamente relacionado con el trazado de vía y sus curvas horizontales, en vías principales de servicio, en Patios y Talleres y en radios internos de los cambiavías.

Diagrama de Puertas	Número de puertas dobles por Coche, por lado	4
	Ancho libre mínimo por puerta doble	1 400 mm
	Flujo mínimo de pasajeros por puerta	80 pasajeros/minuto
Diagrama Interior	Tipo	1 nivel
	Inter circulación	En todo el Tren
	Norma de densidad	6 pasajeros/m ²
	Capacidad mínima por Tren, respetando la norma de densidad	1 800 pasajeros
	Número de espacios PMR por Tren	2
	Tasa mínima de confort (No. pasajeros sentados/No. total de pasajeros)	13 %
Energía	Alimentación	Tercer riel
	Tensión	750 V cc $\pm$ 20 %
	Potencia máxima del Tren	4 500 kW
Desempeño	Velocidad máxima de servicio en UTO	80 km/h
	Velocidad máxima de diseño	90 km/h
	Velocidad máxima en conducción manual en línea	30 km/h
	Velocidad máxima en conducción manual remota desde el CCO en línea	5 km/h
	Velocidad máxima en talleres en UTO	25 km/h
	Velocidad máxima en talleres en conducción manual	15 km/h
	Velocidad máxima en la Máquina de Lavado Automática	3 km/h
	Velocidad máxima de acoplamiento entre 2 Trenes	5 km/h
	Tasa mínima de motorización	60 %
	Desaceleración establecida del freno de servicio	1,0 m/s ² +0,1/-0
	Desaceleración del freno de emergencia	1,3 m/s ² +0,1/-0
	Tasa potencial mínima del freno de Servicio eléctrico	90%
	Aceleración mínima de arranque promedio (de 0 a 35 km/h) en carga EL 6	1,2 m/s ² +0,1/-0
	Aceleración residual	0,1 m/s ² +0,1/-0
	Jerk de tracción	0,9 m/s ³ +0,1/-0,1
	Jerk en frenado de servicio (en caso de frenado de urgencia, no tendrá limitación de Jerk)	1 m/s ³ +0/-0,1
	Nivel máximo de adherencia con riel seco	de 0,3 a 0,2
	Nivel máximo de adherencia con riel mojado	De 0,15 a 0,1
Características Geométricas de la Vía Férrea	Ancho de vía normal	1 435 mm +4 mm/-3 mm
	Ancho de vía máximo (incluye el desgaste del riel)	1 455 mm
	Radio mínimo horizontal en la línea	200 m
	Radio mínimo horizontal en los talleres	100 m
	Radio mínimo vertical en la vía y en los talleres	1 000 m

Peralte máximo	140 mm
Aceleración centrífuga máxima no compensada por peralte	0,65 m/s ²
Distancia entre eje de vías (recta)	3 500mm
Distancia entre eje de vías (curvas)	3 900mm (Radio de Curva: 200m)
Lámina de aire sobre el gálibo dinámico	Mínimo 150 mm
El pasillo lateral de evacuación entre estaciones deberá ubicarse al costado del viaducto a una altura que sigue el piso del Tren	Altura: - 200 mm. (-0, + 50 mm).

3.2 Tensión de alimentación de los Trenes y Sistema de captación

[UNIFORME 08];

El suministro de la energía eléctrica para la tracción del Material Rodante se efectuará en las vías principales y en el Patio-Taller mediante subestaciones de rectificación y un tercer riel ubicado a nivel de la vía férrea, con captación por su parte inferior.

La energía para la tracción será distribuida a través del tercer riel como polo positivo; los rieles de la vía férrea asegurarán el polo negativo de retorno de corriente.

La gama del voltaje de las subestaciones de tracción se realizará de acuerdo con los estándares de las normas EN 50388 y del IEC 60850.

El voltaje nominal del sistema de alimentación tracción deberá ser de 750 V cc $\pm$ 20%, por lo tanto, el voltaje mínimo de funcionamiento de los Trenes deberá ser de 600 V cc y el voltaje máximo de funcionamiento de los Trenes deberá ser de 900 V cc. El voltaje máximo a nivel del frotador de contacto durante el frenado regenerativo no podrá exceder los 900 V cc.

La tracción nominal y el frenado eléctrico deberán funcionar en condiciones normales entre 600 V cc y 900 V cc.

En caso de que el nivel de la tensión de alimentación tracción sea inferior a los 600 V cc, el nivel de potencia de la tracción deberá disminuir para que el valor de la corriente de tracción no sea superior al nivel máximo admisible.

El sistema de control prevendrá la oscilación del voltaje e inestabilidad de los equipos de alimentación tracción.

La potencia eléctrica de 4 500 kW al tercer riel deberá respetarse por parte del Concesionario, como valor máximo por el Material Rodante, incluyendo los consumos de tracción y de auxiliares.

Cada vehículo motor deberá entregarse con cuatro frotadores de contacto paralelos, conectados mediante un alambre en cada lado de cada bogie. En la eventualidad de que un equipo montado en un Coche remolque necesite una alimentación 750V cc, este Coche se alimentará por el Coche motriz consecutivo.

Cada frotador de captación de energía estará protegido con un fusible, el cual deberá contar con un indicador que vigile su eventual fusión asociado a un control remoto que permita realizar su monitoreo.

En el Patio-Taller, para el movimiento de entrada o de salida de las vías de lavado intenso, torno en foso o vías de los talleres de mantenimiento preventivo y de revisión, el suministro de energía para la tracción se realizará mediante un sistema de trolley de tipo “*stinger*”.

En estas vías, la alimentación eléctrica se realizará a 750 V cc a través de un cable de alimentación suspendido y que se desplazará mediante un trolley, el cual sustituirá el tercer riel.

Esta alimentación se conectará a una toma específica del Material Rodante, el cual deberá contar con, por lo menos, una toma por lado y por sentido de marcha del Tren.

En este caso, la tracción del Material Rodante se deberá realizar con una corriente de tracción reducida que limita la potencia y la velocidad de desplazamiento del Tren.

Al momento de conectar el *stinger*, se deberá activar un conmutador electromecánico que aisle automáticamente las zapatas de los frotadores 750 V cc del Material Rodante. Con este tipo de alimentación, los componentes auxiliares del Tren deben estar normalmente alimentados y la tracción manual del Tren será máximo de 5 km/h.

El control de movimiento del Tren se realizará a partir de un control remoto manual asociado al sistema *stinger*, una vez el Tren esté preparado y el sentido de marcha seleccionado.

La conexión y desconexión del *stinger* se deberá realizar fuera de una alimentación activa sobre esta misma toma de corriente, de acuerdo con el proceso establecido específicamente para estas maniobras de Trenes en el manual del usuario suministrado por el fabricante. Este manual debe ser entregado por el Concesionario en la fecha prevista en el Programa de Pruebas.

[END]

3.3 Simulación operacional

[ID_BOG_MRO_009];

Como parte de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, el Concesionario deberá entregar simulaciones de trayecto con carga de 6 pasajeros por metro cuadrado en condiciones normales y con un Coche motriz inactivo, indicando en una tabla por cada inter-estación la velocidad máxima, las revoluciones del motor, el consumo de energía, la distancia recorrida, la potencia, la corriente efectiva del motor y la corriente de filtro, el tiempo de detención en las estaciones, el tiempo de recorrido en la inter estación, además de las siguientes curvas:

- Esfuerzo de tracción en función de la velocidad;
- Esfuerzo de frenado en función de la velocidad;
- Velocidad en función de la distancia;
- Velocidad en función del tiempo;
- Aceleración y desaceleración en función del tiempo y velocidad;
- Resistencia al avance;
- Curvas del motor tracción;
- Corriente de filtro en tracción y frenado en función del tiempo durante todo el recorrido y cálculo del consumo efectivo.

Esta simulación estará circunscrita a la PLMB.

Handwritten marks: a large circle, the letters "SE", a signature, and the letter "R".

En esta simulación se deberá considerar un tiempo de estacionamiento nominal del Tren en las estaciones de 20 segundos. Además, se deberá considerar el recorrido con y sin recuperación de energía.

[END]

4. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y TÉCNICOS

4.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_010];

El rendimiento del Tren deberá tomar en cuenta el perfil de las líneas y los requerimientos de operación como velocidad comercial, tiempo de permanencia y velocidad máxima.

Todas las alarmas relacionadas con el sistema de seguridad deberán ser audibles, visibles, y deberán transmitirse automáticamente al sistema CBTC. Cada alarma deberá incluir, como mínimo, la siguiente información básica:

- Número o identificador del equipo que accionó la alarma y equipos afectados por la avería;
- Hora y fecha de la alarma;
- Localización de la alarma;
- Modo de operación;
- Naturaleza de la alarma.

Todos los cofres, armarios y equipos expuestos a agresión externa deberán cumplir con los índices IP e IK en sus construcciones, según las normas EN 60529 y EN 50102.

La entrada en marcha de los equipos auxiliares como por ejemplo ventilación, iluminación y compresor de aire, deberá realizarse de forma secuencial, con la finalidad de conformarse a la corriente de partida que puede soportar el CVS.

Respectos a las llaves y cerraduras de servicio:

- El Tren deberá equiparse con cerraduras estándar de servicio. El accionamiento de las cerraduras se realizará mediante una llave adecuada de servicio, a la cual solo podrá tener acceso el personal operativo y de mantenimiento del Concesionario;
- Adicionalmente, esta llave se utilizará por el personal anteriormente mencionado, con el único fin de acceder o salir del Tren en casos de emergencia para abrir las puertas laterales, mamparos, armarios, dovelas, consola de conducción y otros.

[END]

4.2 Configuración del Tren

[ID_BOG_MRO_011];

La configuración de los Trenes podrá ser de 6 o 7 Coches con una longitud máxima de 145 m, aspecto que se definirá por el Concesionario dentro de los Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante. Para ello, el Concesionario definirá la distribución entre Coches motrices y remolques dando cumplimiento a los siguientes requerimientos señalados en el apartado de Requerimientos Operativos Básicos del Material Rodante:

- Nivel de adherencia ;
- Aceleración mínima de arranque promedio en modo degradado;
- Tasa mínima de motorización.

La configuración del Material Rodante que deberá definir el Concesionario dentro de los Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante, deberá realizarse con base en los siguientes parámetros:

- 5 o 6 pasillos de Inter circulación;
- 2 espacios para personas con movilidad reducida –PMR-;
- 2 consolas de conducción manual escondidas en extremidades del Tren;
- 2 enganches de acoplamiento por Tren.

[END]

4.2.1 Dimensiones del Coche

[ID_BOG_MRO_012];

El Concesionario definirá las dimensiones de los Coches dentro de los Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante, dando cumplimiento al apartado de Requerimientos Operativos Básicos del Material Rodante, y teniendo en cuenta:

- Los planos de trazado (curvas y perfil), cortes funcionales e interfaces con obra civil, de conformidad con el Apéndice Técnico 5;
- Las interfaces con puertas de andén o plataforma diseñadas de acuerdo con el Apéndice Técnico 8.

[END]

4.2.2 Dimensiones de los bogíes

[ID_BOG_MRO_013];

El Concesionario deberá definir las dimensiones de los bogíes garantizando una adecuada compatibilidad con los Estudios y Diseños de Detalle y las Especificaciones Técnicas de las vías férreas, y serán sometidas a revisión y no objeción de la Interventoría de conformidad con el procedimiento previsto en el Contrato.

[END]

4.2.3 Gálidos del Tren

[ID_BOG_MRO_014];

Dentro de los Estudios y Diseños de Detalle del Material Rodante, el Concesionario deberá definir el gálibo estático, el dinámico y el libre de obstáculos (GLO).

El GLO se definirá en los Estudios y Diseños de Detalle Principales, teniendo en cuenta las condiciones más restrictivas de la PLMB.

El GLO deberá cumplir velocidades de 30 Km/h, 60 Km/h y 90 Km/h (velocidad máx. de diseño) en alineamiento recto, en curva de radio 200 m, en las estaciones, en modo socorro y en circulación sin pasajero.

[END]

4.2.4 Procedimientos de Cálculo del Gálibo Dinámico

[ID_BOG_MRO_015];

La definición del gálibo dinámico se realizará de acuerdo con la norma UIC-505-1.

Para cada una de las curvas, se limitarán los valores de peralte y velocidad, de tal forma que la aceleración centrífuga no compensada por el peralte no exceda el valor de $0,85\text{m/s}^2$.

Adicionalmente, el peralte se limitará a 140 mm y la velocidad máxima se limitará a 80 km/h en línea comercial y 25 km/h en el Patio-Taller.

El gálibo del pasillo lateral deberá contener el sarcófago que se indica a continuación:

- 610 mm = ancho mínimo del área de camino;
- 760 mm = ancho mínimo a 1 420 mm encima del área de camino;
- 900 mm = ancho mínimo a 2 050 mm encima del área de camino.

[END]

4.2.5 Modularidad en el Diseño del Tren y Accesibilidad a los Equipos

[ID_BOG_MRO_016];

El Tren será un vehículo bidireccional.

La arquitectura del Tren se desarrollará sobre soluciones estándares con bogies convencionales, que hayan sido probadas exitosamente en por lo menos otros tres proyectos ferroviarios, que se encuentren en operación.

Las soluciones propuestas deberán permitir el cumplimiento de los objetivos mínimos RAM previstos en el Apéndice Técnico 9 y 11.

Los Coches del Tren deberán ser intercambiables por otros de su misma categoría (Coche remolque o Coche motriz), tanto dentro del mismo Tren, o por Coches de otros Trenes de forma fácil (es decir, todas las conexiones entre Coches deberán ser desmontables en frío) y siempre y cuando se mantenga la configuración de la unidad.

Las cajas de los distintos tipos de Coches deberán ser las mismas en su estructura. En el caso de Coches con consola se aceptará un alargamiento del lado de la cabina, siempre que no se exceda la longitud total máxima del Tren.

Los órganos y elementos auxiliares y de vestidura, tales como: ventanas, asientos, ornamentos, aparatos de iluminación, órganos del sistema de ventilación, puertas, entre otros, que se instalen en los diferentes Coches de los Trenes, deberán ser idénticos, y deberán permitir la intercambiabilidad entre sí.

Los órganos estarán suspendidos bajo chasis o en cofres situados lateralmente bajo el nivel del piso, de acuerdo con los siguientes requerimientos:

- Todo órgano o elemento que se deba intervenir en mantenimiento de primer nivel se dispondrá de tal manera que no necesite desmontaje de otros elementos, ni tapas atornilladas para acceder a él;
- El diseño de los elementos de desgaste, puntos de lubricación, piezas en elastómero, juntas de sello, elementos de suspensión deberá permitir acceder fácilmente y realizar la inspección e intercambio, sin necesidad de desmontar otros elementos;
- Los órganos deberán ser de fácil desmontaje, de tal manera que cada órgano reemplazable pueda ser desmontado sin afectar otros;
- Sólo se podrán ubicar dentro del compartimiento de pasajeros, en cofres con cerraduras accesibles mediante llave de servicio, los equipos de comunicación embarcados.

Las manillas de comando y aislamiento de freno de servicio, freno de inmovilización, conducto de equilibrio, suspensión, purga de aire, estarán situadas bajo bastidor o en el bogie, de tal manera que estén dispuestas al borde de éstos sin comprometer los gálibos.

Las manillas de aislamiento ubicadas bajo el bastidor deberán etiquetarse indicando su funcionalidad, con colores que faciliten su identificación.

[END]

4.2.6 Definición de las capacidades del Tren

[ID_BOG_MRO_017];

Cada Tren deberá tener una capacidad mínima de 1 800 pasajeros (sentados y de pie), con una densidad de pasajeros de pie de 6 pax/m². Para el cálculo de la capacidad se utilizará la norma EN 15663.

[END]

4.2.7 Definición de los pesos del Tren

[ID_BOG_MRO_018];

Para la definición de la carga operacional, la referencia de la carga pasajeros es de 6 pax/m², conforme a la norma EN 13452-1.

Los siguientes pesos se tendrán que definir por el Concesionario:

- EL E: El peso de un Coche vacío, listo para circular;
- EL T: El peso de un Coche con todos los asientos ocupados y un pasajero en una silla de ruedas;
- EL 4: Peso del Coche con carga de confort. Este peso es la suma de EL T más el peso de viajeros de pie de 70 kg cada uno y 4 viajeros de pie/m²;
- EL 6: Peso del Coche con carga nominal. Este peso es la suma de EL T, más el peso de viajeros de pie de 70 kg cada uno y 6 viajeros de pie/m²;
- EL 8: Peso del Coche con carga excepcional. Este peso es la suma de EL T, más el peso de viajeros de pie de 70 kg cada uno y 8 viajeros de pie/m²;
- EL 10: Peso del Coche en sobre carga de estudio del diseño. Este peso es la suma de EL T, más el peso de viajeros de pie de 70 kg cada uno y 10 viajeros de pie/m².

[END]

4.2.8 Peso máximo por eje

[ID_BOG_MRO_019];

Las cargas máximas por eje deberán limitarse al valor de 15,5 toneladas. El Concesionario solo podrá superar este límite en el evento en que sus Estudios y Diseños de Detalle Principales de estructuras del viaducto o de las vías en el Patio-Taller prevean una carga máxima mayor por eje.

Para un Coche vacío, las cargas por bogie no deberán diferir entre sí en más de $\pm 4\%$.

Entre las ruedas de un mismo eje, las cargas no podrán diferir en más de $\pm 4\%$ del valor promedio de la carga por rueda del Coche.

[END]

4.2.9 Capacidad de pasajeros sentados

[ID_BOG_MRO_020];

La proporción mínima de pasajeros sentados al nivel del Tren deberá ser del 13 % en condiciones de carga operacional (EL 6), incluyendo las áreas para los PMR.

[END]

4.2.10 Capacidad de pasajeros de pie

[ID_BOG_MRO_021];

La proporción máxima de pasajeros de pie en condiciones de carga operacional (EL 6) deberá ser del 87%.

[END]

4.3 Desempeños cinemáticos del Tren

[ID_BOG_MRO_022];

Los desempeños cinemáticos del Tren deberán tomar en cuenta el trazado de la línea y los requerimientos de operación establecidos en el Apéndice Técnico 10, tales como:

- La velocidad comercial promedio;
- Los tiempos de estacionamiento;
- La velocidad máxima.

Además, se deberá considerar la adherencia, las condiciones climáticas, el nivel de la vía y el rango de alimentación 750 V cc.

A continuación, se indica los desempeños cinemáticos requeridos:

Aceleración de Arranque (de 0 a 35 km/h) en carga EL 6 al menos igual a	1,2 m/s ² +0,1/-0
Tasa potencial mínima del freno de Servicio eléctrico	90%
En vía plana, con carga EL 6	Desaceleración establecida del freno de servicio: 1,0 m/s ² +0,1/-0 Desaceleración del freno de urgencia: 1,3 m/s ² +0,1/-0
Velocidad máxima operativa en EL 6	80 km/h
Velocidad máxima de diseño del Tren en EL 6	90 km/h
Velocidad de diseño específica para bogie estabilidad de Tren en EL 6	100 km/h
Aceleración residual	0,1 m/s ² +0,1/-0
Jerk de arranque y de tracción	0,9 m/s ³ +0,1/-0,1
Jerk en frenado de servicio (en caso de frenado de urgencia, no tendrá limitación de Jerk)	1 m/s ³ +0/-0,1

Tabla 1. Desempeños cinemáticos del Tren

[END]

4.3.1 Desempeños de Tracción

4.3.1.1 Condiciones generales

[ID_BOG_MRO_023];

- Los desempeños se tienen que definir con base a un nivel máximo de adherencia de 0,3 a 0,2 con riel seco, y 0,15 a 0,1 con riel mojado;
- El Concesionario deberá definir las curvas de potencia en tracción versus la velocidad para un Tren completo: $y(\text{kW}) \times (\text{km/h})$;
- El Concesionario deberá definir el valor de corriente máxima de tracción de acuerdo con la curva definida por el sistema de alimentación tracción;
- El Concesionario deberá definir los coeficientes de resistencia al avance para un Tren completo.
- Se deberá contemplar la corrección del esfuerzo de tracción en función de la carga del Tren.

[END]

4.3.1.2 Desempeños nominales

[ID_BOG_MRO_024];

Los cálculos de los desempeños de la tracción del Tren deberán realizarse teniendo en cuenta ruedas a media vida útil con una adherencia máxima de la rueda sobre un riel seco, un nivel de tensión de alimentación tracción de 750 V cc y un peso de Coche en EL 6.

El Tren deberá cumplir con los valores de tiempo medido desde el momento de inicio de la tracción. Se entregarán las curvas típicas de aceleración y los valores medios de aceleración en modo nominal (con todos los bogies motor funcionando), en una vía plana y en una pendiente del 4 %, para los diversos casos de carga de pasajeros (EL E, EL 4, EL 6, EL 8):

- Tasa de aceleración y tiempo, desde 0 km/h hasta 35 km/h;
- Tasa de aceleración y tiempo, desde 0 km/h hasta 50 km/h;
- Tasa de aceleración y tiempo, desde 0 km/h hasta 60 km/h;
- Tasa de aceleración y tiempo, desde 0 km/h hasta 70 km/h;
- Tasa de aceleración y tiempo, desde 0 km/h hasta 80 km/h;
- Curvas de las aceleraciones versus las velocidades: $y(\text{m.s}^2) \times (\text{km/h})$.

Adicionalmente, el Concesionario deberá entregar los valores indicados anteriormente en los casos de un bogie y 2 bogies motor fuera de servicio.

[END]

4.3.1.3 Desempeños en modo degradado

[ID_BOG_MRO_025];

La falla de un equipo de tracción que controla un bogie (motor, equipo de control), deberá permitir al Tren operar hasta el término del Día, en cualquier condición de carga, sin que el desempeño dinámico del Tren se vea afectado.

En caso de falla de la mitad de los equipos de tracción (motor, equipo de control) el Tren deberá ser capaz de moverse en carga EL 6, desde cualquier punto de la PLMB hasta la siguiente estación considerando la pendiente máxima de 4 %, con un nivel máximo de adherencia de y 0,15 a 0,1 con riel mojado.

El Concesionario propondrá el límite máximo de la adherencia proporcionado por su sistema antirresbaladizo en las condiciones ambientales utilizadas para realizar los diseños.

[END]

4.3.2 Desempeños de Frenado

4.3.2.1 Condiciones generales

[ID_BOG_MRO_026];

El Concesionario deberá cumplir con los requerimientos de rendimiento que se basan en un nivel máximo de adherencia situado entre 0,3 a 0,2 en situación de riel seco, y situado entre 0,15 a 0,1 en situación de riel mojado.

La información de carga real del Tren, proporcional a la carga de los pasajeros movilizados, se deberá aplicar al sistema de control para establecer las tasas de frenado requeridas, garantizando los mismos rendimientos desde EL E a EL 6.

[END]

4.3.2.2 Prestaciones nominales y degradadas

[ID_BOG_MRO_027];

El sistema de frenado será de tipo electromecánico controlado por computador con Sistema de Protección Antideslizamiento (WSP) de ruedas, el cual reforzará la eficacia del frenado.

La medición del rendimiento del sistema de frenado deberá cumplir con el capítulo 7 de EN 13452-2 para metro pesado.

El Concesionario deberá definir las distancias de frenado medidas desde el comando de frenado para los siguientes casos de carga EL E, EL T y EL 6, conforme al capítulo 7 de EN 13452-2 para metro pesado.

Con la utilización única del freno de servicio con todos los bogies activos, se definirán las siguientes distancias:

- Distancia de frenado desde 40 km/h hasta 0 km/h;
- Distancia de frenado desde 60 km/h hasta 0 km/h;
- Distancia de frenado desde 80 km/h hasta 0 km/h.

Con la utilización del freno de urgencia (FU) con todos los bogies activos se definirán las siguientes distancias:

- Distancia de frenado desde 40 km/h hasta 0 km/h;
- Distancia de frenado desde 60 km/h hasta 0 km/h;
- Distancia de frenado desde 80 km/h hasta 0 km/h.

Además, se definirán los valores indicados con uno y dos bogies fuera de servicio.

- El tiempo de la desaceleración (Te) deberá cumplir con la norma EN 13452;
- El Te para el freno de servicio máximo será de 1,7s;
- El Te para el freno de urgencia máximo será de 1,5s.

[END]

4.4 Requerimientos para la operación del Tren

4.4.1 Funcionamientos del Tren

[ID_BOG_MRO_028];

La arquitectura básica del Tren será determinada por el Concesionario de acuerdo con los requerimientos operacionales integrados en este Apéndice Técnico.

El Tren estará compuesto de Coches tipo S: Coche remolque y tipo M: Coche motriz.

Los desempeños dinámicos (velocidad, aceleración y desaceleración), no podrán provocar reacciones dinámicas entre los Coches durante la circulación de un Tren.

En el arranque del Tren, su consumo en carga máxima no deberá exceder una potencia de 4500 KW.

Cualquier tipo de falla de los equipos principales embarcados no podrá impedir el funcionamiento en modo nominal del servicio comercial.

Para todos los diseños del Tren, se deberán considerar los requerimientos RAMS definidos en este Apéndice Técnico, en el Apéndice Técnico 9, y en la norma EN 50126.

[END]

4.4.2 Conducción y operación del Material Rodante

4.4.2.1 Estados del Material Rodante

El Material Rodante deberá considerar los siguientes estados del Tren:

Estado Dormido (Desactivado, en reposo)

[ID_BOG_MRO_029];

Se considera que un Tren está en reposo cuando simultáneamente se cumplen las siguientes condiciones:

- Solo existe baja tensión permanente suministrada por las baterías del Tren;
- Solo están alimentados con baja tensión permanente los equipos necesarios para reconocer la orden de preparación del Tren, ya sea de forma remota por el sistema CBTC o de manera local por un operador;
- El comando de desactivación (en reposo) es prioritario al comando de preparación del Tren.

[END]

Estado Despierto (Activo)

[ID_BOG_MRO_030];

Se considera que un Tren está activo cuando simultáneamente se cumplen las siguientes condiciones:

- Están alimentados con baja tensión permanente (alimentación por batería) los equipos necesarios para reconocer la orden de preparación del Tren, ya sea de forma remota por el sistema CBTC o de manera local por un operador.
- Están operativos los convertidores del Tren y suministran la baja tensión preparada;

- El Tren permanece en condición de estado para poder moverse por sus propios medios, con las pruebas de los principales sistemas realizadas de manera satisfactoria;

La preparación deberá ser posible con o sin disponibilidad de la tensión 750V cc.

Si una de las pruebas automáticas de las funciones vitales es insatisfactoria, se deberán inhibir los movimientos del Tren.

[END]

Estado de inicio de marcha (Listo)

[ID_BOG_MRO_031];

Se considera que un Tren está en estado de inicio de marcha cuando simultáneamente se cumplen las siguientes condiciones:

- El Tren está activo;
- Los auto test se han realizado de forma exitosa;
- El Tren está listo para ejecutar una orden del operador o el CBTC según la misión programada.

Con este fin, el Tren deberá tener todos los equipos alimentados por energía eléctrica y con una presión de aire comprimido suficiente para la operación de los equipos neumáticos, en aquellos casos en que el Tren incorpore este tipo de equipos.

[END]

Estado fallido

[ID_BOG_MRO_032];

Se considera que un Tren está en estado fallido cuando se descubre una anomalía durante las pruebas necesarias para que el Tren alcance el estado activo.

[END]

4.4.2.2 Determinación del sentido en servicio

[ID_BOG_MRO_033];

Para el correcto funcionamiento del Material Rodante en modo manual, sólo una de las dos consolas de conducción manual puede estar en servicio en un momento determinado. La consola de conducción manual que no esté en servicio, deberá quedar neutralizada.

En modo UTO, las 2 consolas de conducción manual deberán estar neutralizadas.

La toma de mandos por el sistema CBTC deberá hacerse de forma remota desde el CCO a condición de que no haya una consola de mando local accionada por el personal de operación o de mantenimiento.

La toma de mandos de forma manual consistirá en accionar el conmutador de la consola para seleccionar el modo manual de conducción. Si la consola del otro extremo del Tren está adecuadamente neutralizada, la consola sobre la cual se efectuará la toma de mandos se transformará en consola de servicio.

En caso de que la consola contraria no esté adecuadamente neutralizada, se generará un FU y la pérdida de la consola en servicio. El FU estará activo siempre que no exista consola en servicio.

La toma de mandos de forma manual deberá tener prioridad por sobre la toma de mandos que efectúa el sistema CBTC.

[END]

4.4.2.3 Modos de conducción del Material Rodante

[ID_BOG_MRO_034];

El Material Rodante deberá permitir los dos modos de conducción:

- Operación normal: Modo UTO: completamente automático, sin agente y bajo la protección del sistema CBTC;
- Operación degradada (CBTC fuera de servicio): CMR-30: Conducción manual restringida a 30 km/h impuesta por el Tren (marcha a la vista).
- Operación en conducción remota desde el CCO: CDR-5: Conducción remota restringida a 5 km/h impuesta por el Tren (marcha a la vista mediante cámara frontal).

Para la realización de pruebas del Material Rodante, el Concesionario deberá proveer un conmutador bypass que elimine las restricciones de velocidad en modo manual. Este conmutador deberá estar asegurado con un sello. Su accionamiento deberá autorizarse por el CCO y deberá registrarse por el sistema registrador electrónico de eventos (caja negra).

[END]

4.4.2.4 Sistema de Vigilancia de presencia de operador

[ID_BOG_MRO_035];

El modo manual de conducción deberá considerar un sistema de vigilancia de presencia del operador el cual permanecerá activo sólo en los modos manuales:

- Este sistema se accionará por parte del operador a través de un dispositivo en el manipulador, que al no detectar la presencia del operador aplicará los frenos de urgencia;
- Se deberá registrar la información relativa al funcionamiento del sistema;
- Al accionar de nuevo el dispositivo en el manipulador, se liberarán los frenos de urgencia.

Este sistema contará con una verificación estática de su funcionamiento.

El sistema contemplará una forma de aislamiento; para aislar este Sistema, el Concesionario deberá proveer un conmutador bypass, que deberá estar asegurado con un sello. Su accionamiento deberá autorizarse por el CCO y deberá registrarse por el sistema registrador electrónico de eventos (caja negra).

Al comienzo de la operación del sistema con el Tren detenido y con consola en servicio, el sistema tendrá comandado el freno de urgencia. Este se desactivará cuando se valide el dispositivo.

El sistema estará activo si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

- el conmutador de selección de conducción está en posición manual;
- el sistema de vigilancia de presencia de operador está activo;
- la velocidad del Tren es superior a 0,5 km/h;
- cualquier posición del manipulador de tracción.

El operador deberá considerar la función del sistema según se indica a continuación:

- El operador puede mantener presionado el dispositivo por 30 segundos. Cumplido este tiempo se activa una señal acústica y a los 2,5 segundos de esta señal se comanda el frenado de urgencia.
- El operador puede mantener suelto el dispositivo por 2,5 segundos. Cumplido este tiempo se activa una señal acústica y a los 2,5 segundos de esta señal se comanda el frenado máximo de servicio.

Los tiempos del dispositivo presionado o suelto son reseteados cada vez que el operador presione o suelte el botón.

[END]

4.4.2.5 Características de la consola de conducción

[ID_BOG_MRO_036];

Cada Coche extremo deberá contar con una consola de conducción oculta que le permita al operador conducir de frente a la vía, en la que se instalarán los aparatos de mando y control de los diversos equipos que forman el Tren.

Para garantizar el acceso expedito y rápido del conductor desde la plataforma de estación, la consola de conducción deberá estar ubicada al lado derecho. Esta ubicación permitirá que la consola quede menos expuesta a las acciones de los pasajeros que se ubiquen en el frontal del Coche.

Su acceso no deberá exceder los 20 s y en caso de apertura enviará una alarma al CCO.

Con el objeto de no sobrecargar la consola, los equipos que no tengan una función activa en la conducción estarán situados en un panel interior o dentro de paneles laterales con acceso directo a los componentes.

El conjunto de la consola deberá ser resistente, los materiales empleados deberán ser tipo inastillable, fácilmente lavables, que no se decoloren con el uso y el tiempo y resistentes a la abrasión.

El Tren estará equipado con un sistema de supervisión y control que deberá utilizarse para manejar todos los sistemas del Tren. Las alarmas de los subsistemas del Tren se enviarán al CCO y a la pantalla de la consola de conducción.

Los aparatos de mando de utilización frecuente estarán dispuestos de modo que puedan ser accionados cómodamente por el operador, según los principios de la UIC 651.

Los aparatos de control estarán situados frente al operador de modo que queden dentro de su campo de visión y maniobra. Las señales luminosas serán a base de LED, visibles a plena luz diurna. La intensidad del brillo de los elementos de señalización será regulable para evitar molestias a los operadores.

La disposición y montaje de aparatos dentro de la consola de conducción se efectuará de modo que las operaciones de mantenimiento y sustitución de éstos puedan efectuarse con facilidad, en menos de 5 minutos por una sola persona con herramientas estándar (pruebas excluidas). Se incluyen como mínimo:

- manipulador de tracción-frenado;
- manómetros;
- voltímetro;
- dispositivo de selección de modo de operación;
- dispositivo de sentido de marcha;
- dispositivo de selección del lado de puerta;
- micrófono de salón;
- micrófono de comunicación al CCO;
- en modo de conducción manual, el conductor deberá tener la información de “alta tensión cortada”, permitiéndole detener el Tren en emergencia;

Los dispositivos de conducción y de servicio del Tren deberán tener posiciones estables y cumplir con las maniobras indicadas en la norma NF F 62001. Los dispositivos de conducción, de servicio del Tren y llaves deberán cumplir con las normas de fuego y humo aplicables a cada material.

[END]

4.4.2.6 Manipulador

[ID_BOG_MRO_037];

El equipo de tracción estará comandado por el manipulador. En la elaboración de los Estudios y Diseños de Detalle Principales, el Concesionario deberá definir todos los equipos que se requieran para la conducción manual del Tren.

El manipulador de la consola deberá ser de tipo deslizante y no deberá ser discreto, es decir que la carrera del manipulador deberá ser continua entre las posiciones “tracción”, “Neutro” y “Frenado”.

El manipulador deberá entregar una señal analógica.

La posición neutra estará en la parte media de su desplazamiento. El manipulador tendrá como mínimo las siguientes posiciones identificables:

- Frenado de urgencia,
- Frenado,
- Neutro,
- Tracción.

El manipulador deberá incluir los equipos auxiliares necesarios para la transmisión de la información y para la vigilancia de diferentes seguridades eléctricas.

[END]

4.4.2.7 Apoyo para el conductor

[ID_BOG_MRO_038];

Un sistema de apoyo isquiático para el conductor estará asociado a la consola de conducción. La apertura de la consola de conducción permitirá el despliegue de una base de apoyo auto portante.

La altura del apoyo deberá permitir al conductor mantenerse en su posición de conducción, sin necesidad de utilizar la segunda mano para mantener su posición. El apoyo en su posición operacional tendrá una altura de entre 75 y 85 cm.

El apoyo isquiático deberá estar conformado por piezas con capacidad de peso igual o superior a 120 KG que cumplan con las normas de resistencia al fuego aplicables al Material Rodante.

En modo de conducción automática, el apoyo tendrá que estar plegado de tal forma que esté totalmente integrado en el mobiliario de la consola de conducción.

4.4.2.8 Sistema de Control y Mando del Tren

[ID_BOG_MRO_039];

El sistema deberá contar con una red dedicada y redundante a la cual estarán conectados todos los equipos del Tren.

Este sistema deberá constituir una red de datos conforme a la norma IEC 61375 o IEC 31375-1.

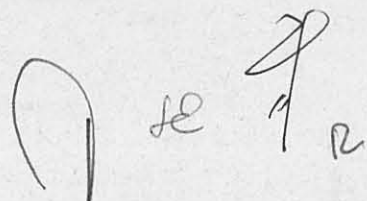
Los servicios digitales principales que ofrece son, entre otros, el control de la tracción y del Coche (puertas, luces etc.), y la centralización de la gestión y supervisión de todos los dispositivos auxiliares del Tren.

Este sistema de control y mando computarizado supervisará el funcionamiento del Tren de acuerdo con la norma IEC 61375 o IEC 31375-1. Además, el sistema deberá integrar un sistema de diagnóstico y de ayuda a la operación y al mantenimiento, considerando como mínimo los siguientes aspectos:

- Utilización de circuitos específicos y líneas del Tren con hilos de comunicación exclusivos para la realización de las funciones de seguridad.
- Aplicación de tecnología de lógica programada, utilizando como enlace un sistema de comunicación distribuido para la realización de las funciones que no corresponden a la seguridad e incluyendo las funciones de ayuda al mantenimiento.
- La comunicación entre los equipos embarcados se realiza mediante de una arquitectura de buses jerarquizada.
- La arquitectura y el equipo de monitoreo del Tren deberán asegurar que el sistema pueda escalar, de manera que sea posible efectuar fácilmente modificaciones y extensiones de las aplicaciones.

El sistema monitor del Tren se utilizará para:

- Optimizar la función de conducción.
- Mejorar el nivel de disponibilidad general del material y reducir los tiempos de intervención en mantenimiento correctivo.
- Minimizar la complejidad del cableado.



El sistema monitor garantizará la independencia en el control de las funciones que el Concesionario considere críticas para el funcionamiento del Tren – a justificar a través de los Estudios y Diseños de Detalle Principales -, de manera que la disponibilidad del conjunto no se vea afectada si llega a producirse una avería en uno de los componentes.

Las funciones de supervisión del mando y control que deberán considerarse en el sistema de monitoreo del Tren, incluirán al mínimo los siguientes equipos o funciones:

- Sistema de tracción y frenado;
- Supervisión de la tensión del tercer riel;
- Equipo embarcado del CBTC;
- Sistema de operación de puertas;
- Convertidor estático;
- Supervisión de la tensión de salida del convertidor;
- Carga y supervisión de la tensión de batería;
- Motocompensor;
- Sistema neumático;
- Iluminación;
- Freno de inmovilización;
- Suspensión neumática;
- Radioteléfono;
- Engrasador de pestaña;
- Dispositivos de señal de alarma;
- Presencia y supervisión de alta tensión;
- Dispositivos de operación del Tren;
- Registrador electrónico de eventos (caja negra);
- Conducción;
- Peso;
- Consumo energético de tracción de cada Coche motor y del Tren;
- Consumo energético de los equipos auxiliares;
- Ayuda al mantenimiento.

Los equipos y funciones incluidos en este listado son obligatorios.

[END]

4.4.2.9 Medición de velocidad y desplazamiento del Tren

[ID_BOG_MRO_040];

El Concesionario instalará un sistema de medición de velocidad que tendrá las siguientes características:

- Su diseño será de seguridad considerando la unidad procesadora, las salidas lógicas de control y la entrada del captador de velocidad;
- Generará la medida de velocidad para el indicador en la consola de conducción de ambas cabinas;
- Medirá la distancia recorrida para entregar esta información al sistema de monitoreo;
- Entregará las informaciones de seguridad a los sistemas de puertas, tracción, equipos de CBTC embarcado y otros sistemas del Tren que sea necesario.

[END]

4.4.2.10 Sistema de Modo de Conducción en CBTC

[ID_BOG_MRO_041];

El equipo CBTC será suministrado por el Concesionario como parte del sistema de señalización. La infraestructura del Coche deberá estar preparada para recibir los equipos del CBTC. El dispositivo de selección de conducción deberá ser de construcción robusta, es decir, para trabajo pesado y con la misma vida útil del Tren, y de seguridad intrínseca.

[END]

4.5 Funcionamiento del Tren en modo degradado

4.5.1 Condiciones para evaluar el modo degradado

[ID_BOG_MRO_042];

Las simulaciones que permitan medir los equipos de tracción y frenado se realizarán sobre la base del perfil de la línea, en los siguientes casos:

- en carga nominal EL 6 y en situación nominal con una amplitud máxima de 20 horas al día, sin frenado de recuperación;
- en carga máxima EL 8 y con un equipo de frenado fuera de servicio en un sólo viaje ida y vuelta y en operación nominal.

[END]

4.5.1.1 Tracción en modo degradado

[ID_BOG_MRO_043];

El equipo de tracción que suministre el Concesionario proporcionará el rendimiento de tracción mínimo establecido en el apartado de Requerimientos Operativos Básicos del Material Rodante de este Apéndice Técnico.

El diseño del equipo de tracción será tal que se deberán cumplir en las siguientes condiciones:

- La falla de un equipo de tracción que controla un bogie (motor, equipo de control), deberá permitir al Tren operar hasta el término del Día, en cualquier condición de carga, sin que el desempeño dinámico del Tren se vea afectado.
- En caso de falla de la mitad de los equipos de tracción (motor, equipo de control) el Tren deberá ser capaz de moverse en carga EL 6, desde cualquier punto de la PLMB hasta la siguiente estación considerando la pendiente máxima de 4 %, con un nivel máximo de adherencia de y 0,15 a 0,1 con riel mojado.

[END]

4.5.1.2 Frenado de Servicio en modo degradado

[ID_BOG_MRO_044];

En caso de falla de un equipo de frenado, ya sea de naturaleza eléctrica o mecánica, los rendimientos del servicio de freno se deberán mantener hasta el fin de la circulación comercial, sin restricciones en la capacidad de frenado y de velocidad.

En caso que se aisle hasta el 10% de freno mecánico, se deberán mantener las prestaciones normales del frenado, considerando una condición de sobrecarga EL 8, hasta el final de un viaje ida y vuelta entre los terminales. Esto se logrará utilizando el frenado mecánico o el frenado combinado como complemento.

Ningún Tren podrá prestar servicio comercial en los casos en que se requiera aislar más del 10% de los frenos mecánicos del Tren.

[END]

4.5.1.3 Frenado de Urgencia en modo degradado

[ID_BOG_MRO_045];

Cualquiera sea la velocidad al inicio del frenado, y considerando un equipo de freno mecánico aislado, la tasa del frenado de urgencia será mínimo de $1,3 \text{ m/s}^2$, con la configuración del Tren en cualquier condición de carga entre EL E y EL 6, considerando el caso de adherencia mínima (simulado conforme a la Norma europea EN 13452-2). Para este caso el valor de Jerk no se toma en consideración.

El sistema de frenado será capaz de realizar al menos 2 paradas con frenado de urgencia consecutivas en EL 6, con un equipo de freno mecánico aislado, y sin intervalo entre los ciclos de frenado. Esto se deberá considerar en todas las partes de la línea incluyendo las posibles pendientes.

Cada vez que ocurra un frenado de urgencia, el frenado eléctrico regenerativo no será activado automáticamente.

[END]

4.5.1.4 Aislamiento del freno en modo degradado

[ID_BOG_MRO_046];

Será posible aislar el sistema de frenos mecánicos individualmente en cada bogie con un dispositivo de fácil acceso y que pueda ser accionado por ambos lados del bogie.

En caso de aislamiento de frenos mecánicos en un Tren, mayor al 50% del total de los bogies, se llevará a cabo la aplicación automática de un freno de urgencia. Sin embargo, bajo esta situación, será posible movilizar el Tren en velocidad controlada, desactivando el FU accionado por un operador en la consola, esta acción se deberá considerar sin pasajeros.

[END]

4.5.2 Remolque de Trenes averiados

[ID_BOG_MRO_047];

En el caso de una falla que imposibilite a un Tren desplazarse por sus propios medios, el Concesionario deberá contemplar, dentro de los Estudios y diseños de Detalle Principales, las acciones que permitan al Tren ser remolcado o empujado, en maniobra de "socorro", por otro Tren activo, en marcha reducida desde cualquier punto de la PLMB.

El mando de la maniobra de socorro se realizará desde una consola de conducción del Tren. Los enganches frontales semiautomáticos deberán instalarse a una altura que permita hacer esta maniobra sin que el operador o personal auxiliar deba descender del Tren.

El Tren que realiza el socorro deberá reconocer y enviar la información de acople con otro Tren al sistema CBTC. Además, tendrá un dispositivo que impida la posibilidad al Tren que realiza el socorro de cambiar su modo de conducción al modo UTO.

En particular, en los Estudios y Diseños Principales de Material Rodante deberá indicar las condiciones límites o restrictivas de esta maniobra, en cuanto a curvas y pendientes, considerando que no estará permitido el retroceso de los Trenes.

Las condiciones que se deben cumplir para que sea posible efectuar la maniobra de socorro serán como mínimo las siguientes:

- El Tren averiado no podrá tener una carga superior a 6 pax/m²;
- El Tren activo deberá estar vacío y con todas las motrices funcionando;
- Los dos Trenes acoplados en maniobra de socorro deben ser capaces de franquear una pendiente 4 %.
- Los pasajeros del Tren averiado deben ser evacuados en la siguiente estación.

[END]

4.6 Caja

4.6.1 Criterios estructurales de la caja

Las cajas deberán diseñarse y fabricarse por el Concesionario de forma tal que cumplan con las Especificaciones Técnicas señaladas a continuación:

4.6.1.1 Vida útil

[ID_BOG_MRO_048];

Mínimo 40 años durante este período ningún elemento de la estructura puede presentar deformación permanente, fisuras, ni corrosión del material.

[END]

4.6.1.2 Tipología de las cajas

[ID_BOG_MRO_049];

Podrán ser de distintos tipos, en función de su ubicación en el Tren (Coches extremos y Coches intermedios). Estas cajas deberán ser uniformes en su diseño, salvo por la disposición de equipos bajo bastidor y el tipo de los bogíes.

[END]

4.6.1.3 Estructura de la caja

[ID_BOG_MRO_050];

La estructura debe estar conformada por:

- Paredes con su estructura;
- Techo;
- Estructura de piso;
- Extremos.

La estructura de la caja debe cumplir con todos los requisitos estructurales, los cálculos de diseño, de la carga de diseño y de tensiones admisibles, factores de seguridad y de los ensayos indicados en la norma EN 12663, que corresponden a los vehículos de la categoría P-III.

El entramado y el enchapado deberán formar una estructura integrada capaz de resistir, sin deformación permanente o avería de fatiga, los esfuerzos debidos a todas las cargas de diseño y pruebas.

El diseño será tal que todos los lugares susceptibles de corrosión deberán tratarse contra ésta. Se evitarán cavidades en las cuales se pueda acumular el agua por condensación. Todos los perfiles huecos de la estructura deberán estar soldados en forma absolutamente hermética.

Los recortes de soportes deberán estar libres de estrías y muescas y deberán evitarse puntos de ruptura.

Se requiere uniformidad de los elementos auxiliares y de revestimiento, tales como ventanas, puertas, asientos, sistemas de iluminación, ventilación, terminaciones, pasamanos, etc., para permitir la intercambiabilidad no restringida en un mismo Coche y entre Coches.

El espectro de frecuencias propias de la caja deberá ser tal que no exista riesgo de resonancia con los rangos de frecuencia de las suspensiones y aparatos varios ensamblados.

La caja podrá ser construida en acero inoxidable o en aluminio, con perfiles extruidos, o en una combinación de aluminio y acero en las partes donde se necesiten mayores resistencias; de ocurrir esto último, se deberá cuidar que no se produzca corrosión galvánica, química o electrolítica, por la unión mecánica de acero y aluminio.

La construcción de la traviesa y de la cabecera del estrado deberá elaborarse en acero de baja aleación y alta tensión (LAHT). Igualmente, se deberá fabricar a través de soldadura por arco con atmosfera protegida o por punto eléctrico para constituir una estructura integrada. El techo deberá ser de panel de acero inoxidable corrugado.

Si el Concesionario escoge una solución en aluminio, deberá corresponder a perfiles extruidos (aleación tipo AlZnMg y/o AlMgSi 0,7) y planchas (aleación de tipo AlMg 2,5), resistente a la corrosión y construcción totalmente soldada.

El Concesionario deberá indicar en los Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante el tipo de material empleado, sus características físicas y químicas, los procesos de fabricación de la caja, el tipo de protección de los materiales contra la corrosión, el tipo de protección galvánica, las especificaciones y procedimientos de pintura y las normas empleadas.

Se aceptarán extremidades de bastidores en acero de alta ductilidad para mejorar la capacidad de absorción de energía de choque. La unión de metales disímiles deberá protegerse contra la corrosión galvánica durante toda la vida útil del Coche.

Los materiales que conforman la caja deberán cumplir con las especificaciones de resistencia al fuego, baja emisión de humos y compuestos tóxicos, así como garantizar la integridad de la estructura bajo condiciones de fuego, según la norma NF F 16-101 y la norma EN 45545.

Los componentes de la caja deberán tener un mínimo de partes móviles y de elementos sometidos a desgaste, de tal manera que se garantice el cumplimiento de los objetivos RAMS.

La igualdad de cotas principales permitirá una unificación completa de las piezas constitutivas de los equipos, de la estructura y de los revestimientos. Para los elementos auxiliares y de vestidura, tales como ventanas, asientos, pasamanos, revestimientos interiores, ornamentos, aparatos de iluminación, órganos del sistema de ventilación y de

puertas, la unificación deberá ser total y garantizar su intercambiabilidad de un Coche a otro sin otras intervenciones distintas al ajuste local.

Los ensambles soldados se efectuarán con arco eléctrico de atmosfera protegida o con otro procedimiento que ocasione la menor distorsión y genere mínimos esfuerzos residuales. La calificación del procedimiento de soldadura y de los operarios será según la norma NF A88-110. El Concesionario deberá entregar, en las fechas previstas en el Programa de Pruebas, las certificaciones que acrediten el cumplimiento de la norma señalada. Para aquellos tipos de soldadura que no cuenten con la certificación anterior, el Concesionario deberá llevar a cabo en presencia del Interventor, en las fechas previstas en el Programa de Pruebas, pruebas con probeta de verificación por cada tipo de soldadura de seguridad, que demuestren que dicha soldadura cumple con la norma NF A88-110.

El conjunto de unión entre la caja y los bogíes, las extremidades del bastidor que alojarán los enganches, los lados de los costados para alojamiento de puertas y los puntos de fijación bajo bastidor de los equipos pesados o que producen vibraciones, tales como el equipo de control de tracción-frenado, motocompresores, convertidor estático y bastidores del CBTC y Comunicaciones, deberán ser objeto de pruebas sistemáticas durante el proceso de fabricación y montaje, las cuales deberán ser certificadas por el fabricante.

Las cajas deberán contar con los puntos necesarios de apoyo o amarre para las maniobras de mantenimiento o encarrilamiento. Los emplazamientos donde se ubiquen estos puntos serán diseñados de cara a evitar deformaciones permanentes o esfuerzos excesivos bajo cualquier condición de levantamiento.

Los Coches con consola de conducción manual deberán tener el frente reforzado, con una máscara moldeada.

[END]

4.6.1.4 Pintura y revestimiento

[ID_BOG_MRO_051];

La construcción y la selección de los materiales, acabados y recubrimientos de la caja, deberán cumplir con una elevada resistencia al rayado y a la intemperie, a través de pinturas o revestimientos que cumplan con la norma NF F 31 112.

[END]

4.6.1.5 Resistencia a la colisión “crash” – Generalidades-

[ID_BOG_MRO_052];

La caja deberá construirse cumpliendo con las siguientes exigencias:

- En las zonas más solicitadas del bastidor, tales como traviesas, deberá estar reforzada, con el objeto de resistir los esfuerzos correspondientes a la unión caja-bogíes; y
- En los cabeceros deberá estar reforzada para resistir los esfuerzos aplicados por enganches y con elementos anti-climbers de modo que proporcione la mayor protección al personal de conducción y a los pasajeros en caso de accidente, especialmente en colisión frontal violenta de acuerdo al requerimiento del “Crash”.

De acuerdo con la norma EN 15227, el Tren estará equipado con sistema de seguridad anti superposición (anti-climber), en todos los extremos de los Coches.

[END]

[ID_BOG_MRO_053];

La carga de cálculo estructural y la carga de ensayo para comprobar resistencia a la compresión entre extremos deberá diseñarse con EL 10 (10 pax/m²). El sistema de anti superposición (anti-climber) y los cálculos con cargas horizontal y vertical corresponderá al señalado en EL 10.

Además, la caja no deberá sufrir daños (deformaciones permanentes) ante colisiones que se produzcan en la operación normal contra otros Trenes o topes de fin de vía, ni por el levantamiento adecuado de la misma después de un descarrilamiento. Además, la flexión tomada por la caja, bajo el efecto de las cargas a las que esté sometida, en ningún caso deberá afectar el funcionamiento de las puertas.

[END]

[ID_BOG_MRO_054];

El Concesionario diseñará las cajas de tal forma que puedan absorber la energía de colisión conforme a la norma EN 15227, para lo cual deberá observar los criterios señalados en esta Sección.

Los extremos de los Coches deberán estar equipados con un sistema de absorción de energía por deformación programada, capaz de soportar las siguientes condiciones:

El Tren deberá absorber la energía de colisión y no sufrir deformaciones permanentes en choques o acoplamientos, con ambos Trenes cargados a máximo 6 pax/m² y hasta máximo 5 km/h.

- Los dispositivos de absorción de energía de los enganches deberán absorber la colisión entre dos Trenes, hasta 12 km/h sin que entren en contacto los dispositivos anti-climbers;
- Los dispositivos de choque de deformación programada, detrás de los anti-climbers deberán absorber la colisión entre dos Trenes, hasta una velocidad de 18 km/h.

[ID_BOG_MRO_055];

La estructura del Tren deberá ser capaz de soportar las cargas de compresión y tracción estáticas de acuerdo con la norma EN 12663.

La carrocería del Tren deberá proteger a los ocupantes en el compartimento de pasajeros en caso de una colisión entre dos Trenes o entre un Tren y un obstáculo del costado de la vía. Esta protección se proporciona por medio de dispositivos de absorción de energía y deformación plástica controlada y progresiva y/o el pandeo de la carrocería del Coche.

Una estructura frágil (tope de choque) que absorba los impactos, se colocará en la parte delantera del Tren. La conexión entre el tope y la estructura del Tren será tal que, en el caso de un impacto, la propagación de las deformaciones a través de la estructura del Coche sea limitada, de tal forma que la estructura cumpla con la norma EN 12663.

La estructura del Coche y sus dispositivos complementarios de absorción de energía deberán diseñarse de tal forma que se proteja a los pasajeros, y no permitir que un vehículo pueda pasar por encima de otro.

El nivel de tensión máxima en cualquier elemento estructural de un Coche cargado con carga estructural (EL 8) deberá ser tal que no exista deformación permanente del material utilizado, de conformidad con la norma EN 12663 categoría P-III.

Los Coches deberán cumplir los requisitos de resistencia a los impactos descritos en la norma EN 15227; el impacto a considerar en la estructura del Tren deberá cumplir con la categoría C2.

La resistencia de compresión de la estructura de la carrocería principal del Tren que contiene el compartimento de pasajeros deberá ser de tal forma que la estructura principal no se colapse, doble ni deforme plásticamente hasta que los elementos de sacrificio de los extremos de la carrocería del vehículo se hayan deformado permanentemente.

El Concesionario deberá demostrar dentro de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante que el diseño de la resistencia al impacto deseado se soporta en el análisis FEM.

[END]

4.6.1.6 Resistencia lateral de la caja:

[ID_BOG_MRO_056];

Se deberá considerar para las masas suspendidas una carga de 8 pasajeros por metro cuadrado y una aceleración transversal de 3 m/s^2 . El Concesionario indicará los esfuerzos de falla de conformidad con la norma EN 12663. El Concesionario deberá entregar con los Estudios y Diseños de Detalle del Material Rodante los cálculos de resistencia mecánica de la caja que demuestren este nivel de resistencia.

[END]

4.6.1.7 Suposiciones de carga de la caja

[ID_BOG_MRO_057];

Las cargas serán definidas de acuerdo con la norma EN 12663.

El Concesionario deberá incluir en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante una memoria de cálculo de resistencia de los materiales, según el método de los elementos finitos, que incluya como mínimo:

- Los cálculos detallados así como los planos de las estructuras de las cajas para cada tipo de Coche;
- Para cada esfuerzo, los desplazamientos y las tensiones calculadas, así como un análisis estático para las cargas excepcionales y un análisis de fatiga para las cargas de servicio;
- Un análisis vibratorio del conjunto de la estructura del Tren, con indicaciones de los valores de las frecuencias propias, así como sus deformaciones dinámicas asociadas;
- Una simulación numérica que defina la primera frecuencia de flexión de la estructura de la caja completamente vacía;
- El Concesionario deberá garantizar que existe, al menos, 1 Hz de desacoplamiento entre este valor calculado y la frecuencia alta de excitación del bogie.

[END]

4.6.1.8 Bastidor de la caja

[ID_BOG_MRO_058];

La estructura del bastidor deberá ser capaz de resistir sin deformaciones ni fatiga a las fuerzas de choques causados por los acopladores mecánicos (enganches), considerando la velocidad máxima de acoplamiento de 5 km/h.

El bastidor estará equipado con cajas de acoplamiento soldadas en ambos extremos del vehículo.

La fijación de todos los conjuntos de equipamiento bajo bastidor, deberá ser de tal manera que se evite la transmisión de vibraciones al piso del Coche.

Si la caja es de aluminio, el Concesionario deberá garantizar su resistencia a la corrosión galvánica.

Se incluirán como mínimo cuatro soportes de levante en los perfiles exteriores entre los bogies.

Se deberán incluir elementos que permitan fijar el bogie a la caja, para efectos de transporte.
[END]

4.6.1.9 Aislamientos de la caja

[ID_BOG_MRO_059];

El Concesionario deberá instalar en el interior del Coche material aislante que no se deteriore por el contacto con solventes, por envejecimiento o por humedad, y que evite la transmisión de vibraciones, ruidos e intercambios medioambientales de tal forma que no afecte el confort de los pasajeros cumpliendo con las normas ISO 2631 y IEC 61373.

En las zonas generadoras de calor se evitará su transferencia al interior de los Coches utilizando un material aislante adecuado.

Los materiales empleados para efectuar los aislamientos deberán estar clasificados en la categoría de productos ignífugos correspondientes a las normas NF F 16-101 y EN 45545.

Las partes de la caja ubicadas cerca de las puertas de acceso deberán contar con un revestimiento superficial aislante para eliminar cualquier riesgo de tensiones de contacto o de paso de un pasajero que toque al mismo tiempo los pasamanos y las PDAP.

[END]

4.6.1.10 Techo

[ID_BOG_MRO_060];

La estructura del techo deberá ser capaz de soportar la totalidad de las cargas provenientes de los equipos montados y colgados al mismo y las cargas adicionales necesarias para la realización del mantenimiento de dichos equipos. El Concesionario deberá respetar tanto la EN12663 como la EN15663.

El acabado deberá ser antideslizante, con un valor superior a R11 según la norma DIN 51130.

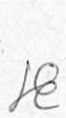
Si el sistema de ventilación impone la colocación de un ducto de exterior, deberá tener una resistencia mínima de 100 kg/m² y un máximo de 200 kg en todo el ducto de un Coche.

[END]

4.6.1.11 Punto de Levante

[ID_BOG_MRO_061];

Las cajas dispondrán de puntos de levante tanto para el mantenimiento en los talleres como para las operaciones de encarrilamiento en cualquier vía.

El Tren vacío completo deberá poder ser levantado mediante columnas de levantamiento (2 columnas por cada extremo del Coche, 4 por Coche).

Para un Coche, de los cuatro (4) puntos de levantamiento, dos (2) de ellos deberán ser diseñados de tal manera que puedan soportar el peso vacío total del Coche sin deformación permanente alguna. El Concesionario deberá entregar en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante los cálculos estructurales de la caja, utilizando el método de elementos finitos que demuestren lo anterior.

Con una prueba de levantamiento de un Coche sobre sus cuatro (4) puntos de levantamiento, el Concesionario deberá verificar la capacidad de resistencia de las columnas bajando un apoyo hasta que el peso del Coche aplicado sobre los apoyos quede en una distribución de 70% y 30%, según se defina en el protocolo de la prueba certificado por el fabricante. El protocolo deberá entregarse con los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, y los resultados de la prueba respectiva deberán entregarse en la fecha prevista en el Plan de Ejecución de Pruebas.

Los bogíes deberán estar desacoplados completamente de la caja al efectuar esta prueba de levantamiento.

En el bogie se dispondrán de los elementos necesarios para que, en caso de ocurrir un descarrilamiento, se pueda levantar y se pueda retener el eje si fallan los sistemas de guiado.
[END]

4.6.2 Criterios complementarios de la caja

4.6.2.1 Aspectos Generales

[ID_BOG_MRO_062];

Los materiales utilizados en el salón de pasajeros deberán cumplir con lo previsto en la norma EN 45545 sobre resistencia al fuego, baja emisión de humos y compuestos tóxicos, garantizando la integridad de la estructura bajo condiciones de fuego para resguardar la seguridad del personal de operación y de los pasajeros durante la evacuación de los Coches.

Todos los aspectos descritos en este apartado deberán ser incluidos por el Concesionario en los Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante, al igual que en la Maqueta Escala 1:1 descrita más adelante.

[END]

4.6.2.2 Interiorismo

[ID_BOG_MRO_063];

El diseño interior y exterior de los Coches será realizado de conformidad con los requerimientos de las normas ISO 2631-1 y ISO 2631-4.

Las ventanas del Coche y las puertas se deberán diseñar para ofrecer un nivel de aislamiento térmico constante alineado con los requisitos del sistema de ventilación.

Los laterales y el techo del Coche tendrán un espesor que permita que los materiales que aíslan acústicamente el Coche puedan, ser pegados a las superficies interiores.

El diseño externo e interno de los Coches deberá asegurar:

- Comodidad, seguridad y sanidad de los pasajeros;
- Uso de materiales resistentes y hecho con material de tipo GEL COAT o cubierto de filmes anti vandálicos en las terminaciones;
- Uso de materiales, productos y acabados que son coherentes con las condiciones ambientales locales;
- Una limpieza rápida y fácil de las superficies interiores y exteriores.

Para ofrecer comodidad a los pasajeros, la superficie de los asientos o la cubierta material deberá considerar apremios ergonómicos y soportar el dorso del pasajero. Las dimensiones y el perfil de los asientos de los pasajeros deberán adaptarse a las características ergonómicas de las distintas categorías de viajeros cuyas dimensiones antropométricas se situarán entre 1,95 m (95^{to} percentil masculino) al máximo y 1,52 m (5^{to} percentil femenino) como mínimo.

El diseño interno y externo deberá presentarse dentro de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante por parte del Concesionario.

La pintura del interior deberá evitar reflejos y deslumbramientos a los pasajeros (pintura mate, no brillante). El color de pintura de los elementos de la sala de pasajeros deberá tener colores variados y con cierto contraste entre ellos, de conformidad con lo dispuesto en el capítulo de Requerimientos Estéticos del Material Rodante.

Todas las esquinas serán redondeadas, y todas las juntas u otros puntos de conexión serán diseñados para disminuir la acumulación de polvo.

Se deberá eliminar la presencia de cantos o aristas vivas que puedan causar daños al pasajero.
[END]

4.6.2.3 Ergonomía para los pasajeros

[ID_BOG_MRO_064];

El diseño del salón buscará el confort y seguridad del pasajero, así como minimizar el ruido en el salón.

El interior del Coche será armonioso, con superficies limpias y ausencia de bultos o depresiones.

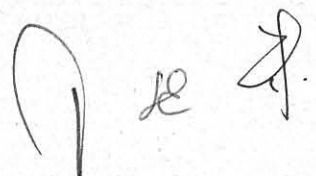
Se deberá resguardar el confort visual considerando las superficies de las ventanas de cristal, la distribución de la luz y los colores del interior del Coche.

[END]

4.6.2.4 Espacios para personas con movilidad reducida (PMR)

[ID_BOG_MRO_065];

El espacio para personas con movilidad reducida (PMR) deberá cumplir con la Ley Aplicable, y ser tal que proporcione al usuario la funcionalidad adecuada para que éste, sin la necesidad de apoyo de otra persona, sea capaz de ubicarse en forma rápida y segura en el sitio dispuesto, no interfiriendo con el flujo de pasajeros dentro del Coche.



Se deberá considerar además los siguientes aspectos dentro de la solución:

- El diseño deberá ser armónico según el interiorismo del modelo de Material Rodante;
- Alta mantenibilidad, robustez, materiales de alta calidad resistentes a actos vandálicos, ignífugo sujeto a normas y estándares de calidad;
- La solución se deberá mantener con facilidad, el cambio de dispositivos no deberá requerir de personal calificado.

Este espacio dispondrá de una placa de señalización PMR que facilitará su ocupación por parte de las personas con movilidad reducida.

[END]

4.6.2.5 Pasamanos

[ID_BOG_MRO_066];

Los Coches deberán estar equipados con pasamanos de acero inoxidable u otro material de mayor calidad y durabilidad.

La ubicación de los pasamanos deberá cumplir como mínimo con las siguientes condiciones:

- Todos los pasajeros deberán tener la posibilidad de afirmarse en el Coche y acceder fácilmente a un pasamanos en cualquier lugar dentro del Coche, incluso en los pasillos de inter-circulación, a fin de favorecer la ocupación de estos espacios por parte de los pasajeros. Para tal efecto deberá presentar simulaciones con carga EL 6 en el Coche.
- Se debe minimizar los pilares frente a las puertas a fin de disminuir la concentración de personas en estos espacios.
- No se podrán obstruir los pasillos, puertas, o el acceso en silla de ruedas, o provocar la congestión cerca de las puertas.
- Evitar disminuir la visibilidad de las pantallas del sistema de información al pasajero y de las cámaras de CCTV.

Los pasamanos consistirán en tubos sin imperfecciones, que aseguren que los pasajeros no sufran lesiones en sus manos. Deberán ser capaces de soportar las fuerzas que se esperan en carga EL 8, bajo las máximas condiciones de desaceleración.

El diseño de cualquiera de las juntas en los pasamanos o columnas deberán resistir a los efectos de la vibración o el movimiento de los pasajeros.

En cada Coche extremo se deberán incluir pasamanos de ayuda al personal autorizado para acceder al Tren.

Los pasamanos ubicados cerca de las puertas de acceso deberán ser aislados de la masa del Tren o cubiertos con un revestimiento superficial aislante para eliminar cualquier riesgo de tensiones de contacto o de paso de un pasajero que toque al mismo tiempo los pasamanos y las PDAP.

[END]

4.6.2.6 Revestimiento interior

[ID_BOG_MRO_067];

Para la estética del interior del Coche se deberán utilizar materiales de revestimiento que no necesiten pintura y que no presenten sobre o bajo relieves (superficies lisas) que dificulten la limpieza y que respeten las siguientes características:

- Resistencia mecánica;
- Resistencia al fuego;
- Baja emisión de humos y gases tóxicos;
- Resistencia a la abrasión;
- Resistencia al rayado con elemento corto punzante;
- Resistencia al envejecimiento;
- Rigidez;
- Resistencia a la suciedad;
- Resistencia a grafiti;
- Posibilidad y facilidad de lavado.

Los materiales utilizados corresponderán a la categoría A2 con un índice M2·F2 en lo que se refiere a resistencia al fuego y emisión de humos de la norma NF F1-101.

Se dispondrá de un diseño que permita efectuar la revisión y reparación de los equipos montados sobrepuestos en los revestimientos, de forma que no sea obligatorio desmontar el revestimiento interior, no se refiere a los equipos montados detrás de los revestimientos.

El revestimiento de las paredes y techos interiores del Coche será de resinas fenólicas, poliéster u otro material similar, siempre y cuando se cumpla con los índices definidos para la categoría A2 de la norma NF F16-101, preferentemente en paneles enteros, de un espesor de mínimo 2 mm.

La fijación de los revestimientos se realizará utilizando el menor número posible de juntas molduras y tornillos; los que subsistan serán de acero inoxidable y los tornillos empleados serán del tipo anti vandálico.

El espacio entre los revestimientos no deberá exceder de 2 mm.

Los revestimientos deberán ser de superficie lisas con ondulación inferior a 2mm/m.

Las puertas de armarios deberán ser resistentes al uso, articuladas con bisagras continuas y aseguradas con cerraduras rápidas accionadas con la llave de servicio y en material inoxidable.

El techo interior de los Coches tendrá una altura libre mínima de 2100 mm, se utilizarán paneles resistentes a los esfuerzos térmicos y mecánicos, evitando su deformación. Las uniones de los paneles deberán tener una terminación que asegure la estanqueidad de salón de pasajeros.

El Concesionario deberá presentar, como parte de los Estudios y Diseños Principales del Material Rodante, las pruebas realizadas para demostrar la resistencia del revestimiento para uso intensivo y su propiedad que impide la acumulación de suciedad.

[END]

4.6.2.7 Extremo de la caja

Los testeros delanteros de los Coches extremos deberán ser intercambiables.

Los otros testeros estarán diseñados para permitir la instalación de pasillos de inter-circulación.

4.6.2.8 Ventanas

[ID_BOG_MRO_068];

Se instalarán ventanas de cristal fijas con sección superior abatible, las cuales deberán ubicarse a cada costado, a una altura tal que permitan que el pasajero, sentado o de pie, tengan una buena visión del exterior y de la información de la estación. Las ventanas deberán tener un ángulo vertical de visión de al menos -30° / $+60^{\circ}$ para un pasajero sentado al lado de la ventana.

El tipo de ventana de cristal será instalado según la norma EN 410.

Los elementos de las ventanas estarán diseñados y tratados para reducir la luminosidad y para absorber parcialmente la radiación solar que golpee las paredes laterales del Coche.

De conformidad con la norma EN 14752, las ventanas se fijarán a la estructura mediante un sistema que garantice la estanqueidad, permita su fácil desmontaje y ofrezca seguridad contra desmontajes accidentales o por esfuerzos normales aplicados. Las ventanas podrán desmontarse desde el exterior sin dañar el revestimiento interior del Coche.

Los cristales de las ventanas serán de seguridad, templados e incorporarán una lámina de protección anti vandalismo. Estos cristales se ajustarán a la norma NF F 31-250.

[END]

4.6.2.9 Parabrisas

[ID_BOG_MRO_069];

La superficie externa de los parabrisas será resistente a la abrasión provocada por los limpia parabrisas o equipo de lavado, además deberán tener un espesor tal que no pueda ser dañado por el impacto de un objeto, de conformidad con las normas UIC651, UIC 617.7, NF F 31-250 y NF F15-818.

Todas las superficies de los parabrisas resistirán los efectos de la exposición a la polución atmosférica y los solventes de limpieza, además serán resistentes a grietas y picaduras.

Todas las interfaces entre el parabrisas y la carrocería deberán sellarse para impedir el ingreso de corrientes de aire, agua y cuerpos extraños.

El color del parabrisas garantizará que no se afecte la visualización de las señales al costado de la vía, de conformidad con la norma la UIC 617.7.

El parabrisas no provocará ninguna distorsión visual o reflejo bajo cualquier condición de iluminación ambiente.

El parabrisas y las ventanas deberán conservar el aspecto visual exterior, es decir el color, forma y la integridad de las inscripciones.

El parabrisas completo y los miradores laterales deberán permitir una visión de 180 grados en horizontal. Se deberán minimizar los puntos ciegos entre el parabrisas y los miradores laterales. En cualquier caso, el parabrisas deberá asegurar la visualización para la conducción manual en conformidad con la norma la UIC 617.7.

El parabrisas estará laminado y cumplirá con las normas NFF 31-250 y NF F15-818, para las características y los criterios de inspección. Por lo tanto, el espesor mínimo del parabrisas deberá ser de 12 mm.

El parabrisas deberá estar instalado de forma tal que permita el cambio de forma rápida y desde el exterior, sin tener que remover ningún elemento del interior del Coche, tales como consola de conducción, motor de limpiaparabrisas u otros.

El pegamento que se use para adherir el vidrio al testero deberá ser de uso universal y de fraguado rápido -no más de 3 horas desde que fue aplicado-, para que pueda ser operado el Tren.

Se deberán cumplir las siguientes normas: NF F31-129, NF F 31-250, BS 857 y ANSI /SAE Z26.

Los parabrisas estarán equipados con limpiaparabrisas y lavaparabrisas (lanzador de agua).

El lavaparabrisas deberá tener un estanque de agua de fácil acceso.

Los parabrisas estarán equipados de un cristal anti condensación.

[END]

4.6.2.10 Limpia- parabrisas

[ID_BOG_MRO_070];

El diseño de las partes frontales incluirá un dispositivo de limpieza mecánica, es decir un limpiador de parabrisas.

La posición en reposo del limpia-parabrisas no deberá molestar la visión del operador, particularmente en el caso de conducción manual.

El motor del limpia-parabrisas deberá ser fácilmente desmontable sin tener que desmontar otros órganos para acceder a él en caso de cambio.

El funcionamiento deberá garantizar la limpieza del parabrisas hasta una velocidad del Tren de 100 Km/h.

La superficie a cubrir por el limpia-parabrisas deberá ser a mínimo 80% de la superficie del parabrisas y lo más centrada posible al eje central.

[END]

4.6.2.11 Cubiertas

[ID_BOG_MRO_071];

Las cubiertas y otros revestimientos, que ocultan equipos que requieren mantenimiento, deberán contar con bisagras y aseguradas con fijaciones operables con llave de servicio.

Las cubiertas deberán ser de superficie plana con configuración rectangular.

Las cubiertas no estarán retro iluminadas y tendrán características anti vandálicas.

[END]

4.6.2.12 Asientos

[ID_BOG_MRO_072];

El material de los asientos será rígido a base de resinas fenólicas, poliéster reforzado con fibra de vidrio u otro material similar; los perfiles metálicos no serán visibles.

Los asientos deberán cumplir con las normas EN 12299, ISO 2631-1 e ISO 2631-4.

Las condiciones mínimas que deberán cumplir los asientos son los siguientes:

- Presentarán características de resistencia al fuego en cumplimiento a la norma NF F16-101, categoría A2;
- No existirá ningún ángulo vivo;
- Se distribuirán en módulos con un ancho mínimo para cada asiento individual de 480 mm, y largo de 500 mm;
- Los colores serán producto de pigmentos incorporados al material de fabricación de los asientos y guardarán armonía con el resto de la decoración interior. Los colores deberán facilitar la individualización de los asientos;
- Los asientos para personas con dificultades de movilidad (asientos reservados) serán de color diferente y en cantidad de mínimo cuatro (4) por Coche.
- El asiento estará diseñado para resistir a los esfuerzos transmitidos por los pasajeros sentados y de pie.
- El montaje y desmontaje de los asientos será sencillo y rápido, sin necesidad de retirar otros accesorios, además serán intercambiables.
- Los asientos deberán instalarse en voladizo (cantiléver) y deberán ser ubicados en las paredes laterales, entre las puertas de cada Coche. Las fijaciones para la base y el respaldo deberán ser fabricadas con materiales ignífugos y deberán poder ser desmontados en forma rápida y simple. Su fabricación deberá adecuarse a las normas NF F 16 101 y EN 45545.
- En el salón de pasajeros se privilegiará una disposición de asientos colocados en forma longitudinal, a fin de procurar un espacio continuo con las menores interrupciones posibles a la circulación de pasajeros maximizando la capacidad, con ausencia de esquinas y de aristas vivas.
- Sin embargo, el Concesionario podrá ofrecer una combinación con asientos longitudinales y transversales, en la medida en que se cumpla con la capacidad mínima requerida de 1800 pasajeros por Tren, y siempre que se cumpla a cabalidad con las demás Especificaciones Técnicas del Material Rodante.
- Los asientos no tendrán espacios entre ellos o con las paredes, ni bajo o dentro de ellos, con el fin de facilitar las labores de limpieza.
- Se deberá garantizar una distancia mínima de 300mm entre el marco de la puerta pasajeros y el primer asiento a su costado.
- La estructura del asiento deberá ser de construcción robusta para resistir un peso sobre la totalidad del asiento de 200 kilogramos por persona, para cada una de las aceleraciones propias en operación, sin flexionar o sufrir deformaciones permanentes.

Las demás partes de la estructura deberán estar protegidas con pintura anticorrosiva.

[END]

4.6.2.13 Iluminación interior normal

[ID_BOG_MRO_073];

Cuando la luz natural no sea suficiente para la visión interior, la iluminación se activará por el personal de operación o por un dispositivo de forma automática.

El sistema de iluminación del salón de pasajeros deberá ofrecer una iluminación al usuario que cumpla con las siguientes características mínimas:

- Tipo de la iluminación LED;

[Handwritten signatures and initials]

- Las luminarias deberán estar provistas de difusores que eviten el deslumbramiento y no deberán limitar la visión horizontal;
- La iluminación será una luz blanca cálida y sin efecto de sombra;
- Su alimentación será desde una fuente de corriente de baja tensión;
- Nivel de iluminación del salón mínimo 500 lux;
- Nivel de iluminación del salón modo emergencia mínimo 150 lux.
- Deberá cumplir la norma EN 13272 y con la norma EN 14750.
- Deberá estar dispuesta de forma tal que cubra la totalidad del salón de manera uniforme.
- El sistema deberá diseñarse de tal manera que se protejan los equipamientos contra vandalismo y contra vibraciones.
- La distribución, el número y la geometría de los dispositivos de la iluminación estarán diseñados de forma tal que no existan áreas del Coche sin iluminación.

La iluminación del salón de pasajeros deberá estar disponible a partir de la preparación del Tren.

Al iniciarse la preparación de los Trenes, deberá estar habilitada la iluminación de emergencia, y al lograr la operación de todos los equipos auxiliares deberá operar normalmente la iluminación normal del salón de pasajeros.

La iluminación deberá tener un dispositivo de aislamiento del sistema en cada consola de conducción.

Las fuentes de luz y los elementos técnicos relacionados (fijaciones, alambres eléctricos, sistemas cerrados) estarán protegidos contra el deterioro provocado por los pasajeros.

Las fuentes de luz no deberán estar ubicadas en el compartimiento de dovelas que se encuentran en los vértices superiores.

El acceso para la limpieza interna de los difusores de la iluminación deberá ser rápido y fácil.
[END]

4.6.2.14 Iluminación de emergencia

[ID_BOG_MRO_074];

Las luces emergencia deberán recibir alimentación desde las baterías de los Trenes.

Este tipo de iluminación deberá estar disponible de manera permanente y, una vez se active, deberá tener capacidad para funcionar por lo menos 60 minutos de forma ininterrumpida, brindando al usuario la iluminación indispensable para su seguridad y desplazamiento.

En el salón ofrecerá una iluminación equivalente a 30% de la iluminación normal en cada Coche.

El plan, el número y la geometría de los dispositivos estarán diseñados para evitar áreas sin iluminación.

[END]

4.6.3 Señalización de la Caja

4.6.3.1 Señalización de seguridad

[ID_BOG_MRO_075];

Las ubicaciones de las informaciones visuales de emergencia estarán distribuidas en áreas adecuadas para ser visibles desde cualquier parte del Coche.

El Concesionario deberá incluir información de tipo táctil para los pasajeros con discapacidad visual.

[END]

4.6.3.2 Información operativa del Tren

[ID_BOG_MRO_076];

El Concesionario deberá indicar el número de cada Tren de la flota en las paredes exteriores e interiores de cada Coche extremo del Tren y en cada consola.

[END]

4.6.3.3 Señalización externa del sistema de puerta

[ID_BOG_MRO_077];

El Concesionario deberá proporcionar en el dintel de cada puerta una señal luminosa externa, para dar información sobre el estado de las puertas, el estado del dispositivo de señal de alarma y el estado del liberador de las puertas en emergencia. Esta luz deberá ser visible desde el interior del respectivo Coche, y desde la plataforma a través de las puertas de andén o plataforma.

El Concesionario definirá la lógica de funcionamiento y la ubicación final de la señalización en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante.

[END]

4.6.3.4 Fanales para movimiento del Tren

[ID_BOG_MRO_078];

En la parte delantera de cada Coche extremo se colocarán 4 fanales, 2 blancos y 2 rojos, ubicados en el exterior, bajo el parabrisas o donde el diseño lo indique.

Los fanales indicarán el sentido de circulación del Tren o su condición de estacionado. Los fanales extremos emitirán una luz roja y los centrales una luz blanca. La distancia a la cual deberán ser perfectamente visibles será de 150 m, incluso en condiciones de visibilidad reducida.

Los fanales de luz blanca se encenderán con marcha adelante y los fanales de luz roja se encenderán en la consola opuesta. La elección de operación de estos será automática según el sentido de marcha elegido. En un Tren estacionado, los fanales extremos de ambas cabinas se mantendrán alimentados para emitir una luz roja de protección.

En los fanales blancos, se instalarán lámparas de intensidad lumínica similar y de inclinación ajustable, que permitan apreciar la presencia de objetos en la vía a una distancia de 150 m en tramo recto, incluso en condiciones de visibilidad reducida. Estos fanales estarán alimentados directamente por las baterías del Tren y con una potencia mínima de 200 W.

[END]

4.6.3.5 Luces de Identificación e indicador de recorrido.

[ID_BOG_MRO_079];

Sobre la parte superior delantera de los Coches se instalarán dos luces de color ámbar, que cumplan con la norma EN 15153. Estas luces se operarán por medio de un dispositivo que permita su programación manual o automática, desde el Tren y desde el CCO, y tendrán posiciones de emisión fija e intermitente.

[END]

4.6.3.6 Fanal frontal para CCTV y evacuación

[ID_BOG_MRO_080];

Además de los fanales para movimiento del Tren, los Coches extremos deberán contar con un fanal frontal blanco para CCTV y evacuación, con una potencia que permita como mínimo una iluminación de 200 Lux, sobre una distancia que cubra al menos un cono de 5 m hasta 25 m.

[END]

4.6.3.7 Inscripciones y Placas interiores

[ID_BOG_MRO_081];

Las inscripciones interiores se definirán por el Concesionario en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante.

Algunos ejemplos no exhaustivos de inscripciones:

- Placas del Concesionario en bajo relieve;
- Número de serie y numero del Coche en acero inoxidable y en bajo relieve;
- Placas de “señal de alarma” en acero inoxidable y en bajo relieve;
- Inscripción en los cristales de las puertas que diga: “por su seguridad no apoyarse”;
- Inscripción que diga “no fumar”;
- Placa para abrir en el mando de las puertas de acceso;
- Las identificaciones interiores que no sean acero inoxidable, deberán ser resistentes a la limpieza y aseo que se hace en el salón.

Todas las escrituras deberán estar en idioma español y en inglés.

Todos los aparatos mecánicos y eléctricos, incluyendo los paneles de los equipos, estarán escritos de modo que el personal de conducción y de mantenimiento pueda identificarlos fácilmente. Se incluirán el nombre del fabricante y el número de serie del equipo respectivo.

Se usarán autoadhesivos de alta resistencia en:

- Matrícula de identificación de cada Coche de 5 caracteres, colocados en los cuatro extremos laterales exteriores inferiores del Coche, y en los dos extremos interiores superiores del Coche;
- Identificación de los puntos de levante de las cajas.

Se usarán placas de:

- Identificación y posición de todos los conmutadores y elementos de mando, ubicados dentro de la consola o en los cofres, tanto en el interior como en el exterior;
- Indicadores "Peligro Alta Tensión" en los lugares que corresponda;
- Identificación de cada uno de los cofres interiores y bajo bastidor;

- Identificación de los conjuntos funcionales del interior de los cofres tales como contactores, conmutadores, bloques de relés y aparatos electrónicos.

Se usarán inscripciones metálicas de bajo relieve en indicación de los dispositivos de señal de alarma y de liberación de puertas en emergencia, ubicadas junto a cada puerta del compartimiento de pasajeros.

En aquellos compartimientos interiores o exteriores donde se instalen equipos que deban ser operados por personal de operaciones, estos deberán estar claramente identificados mediante una etiqueta en la puerta de acceso del compartimiento.

Por el exterior de las cajas de los Coches se deberá instalar alguna identificación que pueda identificar claramente la parte delantera y trasera del Coche para la ubicación rápida y fácil del personal de operaciones en caso de alguna intervención.

Las escrituras sobre placas con relieve serán resistentes al rayado, de fácil limpieza y con un sistema que asegure su sujeción, de conformidad con la norma NF 31 112.

[END]

4.6.4 Pisos

4.6.4.1 Estructura del piso

[ID_BOG_MRO_082];

La estructura del piso deberá ser capaz de resistir sin deformaciones ni fatiga los esfuerzos de una carga de pasajeros uniformemente distribuidos en EL 10 y una carga puntual de 2 kN.

Los materiales deberán ser resistentes a la humedad, dándole protección especial a los cantos, juntas y puntos de fijación que garanticen su hermeticidad. Se aceptarán pisos de madera siempre que se demuestre que bajo sus condiciones de instalación y uso alcanzarán, de acuerdo con experiencias comprobadas, una vida útil mínima de 40 años.

La parte inferior de la estructura del piso estará protegida térmicamente mediante una capa de material aislante. Esta solución deberá cumplir con la norma de fuego y humo - matrices M1-F1 de las normas NF F16 101, NF F16 102, NF F16 103 y EN-45545.

El diseño de los mosaicos y opciones de señalización del piso deberá ser definido en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante.

[END]

4.6.4.2 Planitud de Superficies

[ID_BOG_MRO_083];

Toda superficie exterior deberá estar libre de ondas, pandeos, relieves, cortes u otras imperfecciones; en todo caso, la ondulación deberá ser inferior a 2mm/m.

La planitud de las superficies exteriores visibles, previo a la aplicación de pintura, deberá ser tal que no se necesite aplicación de rellenos mayores a 1,5 mm.

[END]

Handwritten signature and initials.

4.6.4.3 Recubrimiento del Piso

[ID_BOG_MRO_084];

El recubrimiento del piso formará una superficie continua plana y lisa, sin resaltos a lo largo del Coche. El recubrimiento del piso cumplirá con la norma de resistencia al fuego matrices M1-F1 de las normas NF F16 101, NF F16 102, NF F16 103 y EN-45545

El recubrimiento del piso deberá ser altamente resistente al tráfico y su superficie rugosa para que sea antideslizante.

El recubrimiento del piso deberá permitir su limpieza con agua y cepillo y la aplicación de ceras de preservación

El recubrimiento del piso deberá permitir su reparación parcial ante daños, desgastes o laceraciones. Sus uniones estarán perfectamente selladas al agua por un procedimiento que garantice su estanqueidad.

La unión de los componentes del entrepiso, así como la unión entre el entrepiso y el recubrimiento deberá utilizar adhesivos y/o selladores que resistan las condiciones de temperatura, humedad y esfuerzos mecánicos o térmicos propios de la operación, teniendo especial cuidado en los bordes o uniones.

Entre el piso y las paredes se preverán uniones estancas y zócalos de acero inoxidable o aluminio.

El umbral de la puerta será de material resistente al desgaste de acero inoxidable o aluminio, montado con inclinación hacia el exterior y con sistema de evacuación de aguas de lavado.

El umbral debería ser de un color distinto al resto de los pisos del Coche para que sea fácilmente identificado para todo tipos de personas.

El acabado del recubrimiento del piso será ejecutado en una sola pieza.

El material de revestimiento del piso deberá cumplir las siguientes características y con la norma NF F 31812:

- Resistencia a sobrecargas puntuales sin deformación;
- Bajo índice de inflamabilidad;
- Resistencia contra llamas;
- Baja toxicidad por emisión de humos;
- Superficie antideslizante;
- Resistencia al desgaste y la abrasión;
- Resistencia a sustancias químicas;
- Dureza;
- Resistencia a manchas;
- Resistencia a fuego del cigarro;
- Reducción de ruido y vibración.

En las juntas con los laterales de la caja y de las puertas de acceso de pasajeros deberá asegurar la estanqueidad no permitiendo el paso de agua durante las tareas de aseo y mantenimiento en húmedo.

[END]

4.7 Pasillos de Inter-circulación

4.7.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_085];

Entre los Coches se instalarán pasillos que permitirán la libre circulación de los pasajeros a lo largo del Tren.

Las zonas de inter-circulación serán diseñadas de tal manera que podrán utilizarse para el transporte de pasajeros, a una densidad equivalente al resto del Coche.

Los pasillos deberán estar provistos de pasamanos de condiciones idénticas a las del resto del Coche.

El ancho mínimo de los pasillos será de 1400 mm, y la altura mínima de 1900 mm medidos desde el piso del pasillo.

Los pasillos no podrán tener zonas que permitan que una persona se pueda ocultar. La visibilidad máxima deberá ser conservada para la supervisión del Tren por medio del sistema CCTV.

La vida útil mínima del pasillo deberá ser de 15 años.

El piso del pasillo deberá ser liso, metálico y no podrá presentar diferencias de nivel u otras obstrucciones que impidan la circulación segura de los pasajeros. El nivel del piso de la inter-circulación podrá tener una diferencia progresiva de nivel de máximo 10 mm frente al nivel del piso del salón de pasajeros.

Los revestimientos laterales al interior serán lisos y no deberán presentar riesgos para los pasajeros por movimientos relativos entre las partes del pasillo. No deberán existir espacios donde exista riesgo que algún pasajero introduzca alguna extremidad y pueda resultar herido.

Las características de aislamiento al calor y a los ruidos serán equivalentes a las del Coche.

Las inter-circulaciones serán divisibles en la mitad entre dos Coches.

Todas las partes metálicas serán de metal ligero o de acero inoxidable.

El pasillo de inter-circulación deberá tener el mismo nivel de iluminación que el interior de los Coches.

El pasillo será robusto, ligero y capaz de resistir todos los requerimientos que puedan producirse con el Tren circulando en vía general y en talleres, en las peores condiciones, reuniendo las máximas garantías de seguridad para el pasajero, en cualquier momento de la marcha.

El montaje y desmontaje de los pasillos será fácil, rápido y seguro solo usando conexiones en frío. Los pasillos deberán formar una unión perfectamente estanca, impidiendo la entrada de polvo o agua, incluso en la nave de lavado, así como una correcta insonorización.

Los pasillos deberán ser de fácil limpieza y con la superficie interna protegida anti grafiti y protección UV, de conformidad con la norma NF 31 112.

El diseño de los pasillos deberá facilitar su mantenimiento correctivo; la reparación de los revestimientos interiores deberá poderse realizar con herramientas y materiales sencillos, bajo una operación de mantenimiento de nivel 1.

Los elementos mecánicos de la inter-circulación no estarán a la vista ni podrán ser accesibles por los pasajeros, para evitar accidentes o actos de vandalismo.

[END]

4.7.2 *Fuelle de pasillo de inter-circulación*

[ID_BOG_MRO_086];

Los Coches estarán conectados en los extremos intermedios (estructura articulada) a través de equipo de juntas articuladas, diseñados para separarse sólo bajo condiciones de taller. El equipo de juntas articuladas se diseñará para garantizar que no fallen antes que la zona de acoplamiento.

El diseño del equipo de juntas articuladas deberá soportar la gama completa de variación de altura entre Coches adyacentes cuando estén acoplados

El fuelle será resistente a aceites, grasas, fluidos hidráulicos, etc.

El material del fuelle deberá ser resistente a la radiación UV.

Su vida útil no deberá ser inferior a 15 años.

[END]

4.8 Uniones entre Coches

4.8.1 *Requerimientos generales de los enganches*

[ID_BOG_MRO_087];

Los Coches del Tren estarán equipados con uno de los dos tipos de enganches según la norma UIC 572 y deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Los Coches extremos del Tren deberán tener un enganche, como mínimo, semiautomático, permitiendo el acople mecánico y neumático, y con la posibilidad de tener un acoplamiento eléctrico opcional. Además, deberá permitir el desacople de los Trenes;
- Los Coches intermedios deberán ser equipados con un enganche semipermanente.

Los enganches deberán ser capaces de soportar todas las fuerzas producidas durante la operación en modo nominal, durante las operaciones de mantenimiento y aquellas producidas en caso de una colisión (choque, según la norma EN 15227). Los componentes de absorción de energía y elasticidad deberán lograr una óptima amortiguación de la energía de colisión. Los enganches deberán ser desmontables en frío y sin necesidad de desmontar otras piezas, de tal forma que sean fáciles de reemplazar en el caso de dañarse, y no deberán impedir la función de anti superposición (anti-climber) en el caso de un choque. Como opcional se aceptarán enganches con placa frontal desmontable.

Los enganches deberán tener resistencia longitudinal para absorber cargas de choque durante la transmisión de fuerzas de tracción y frenado. La rigidez longitudinal característica de todos los enganches deberá ser idéntica.

Los enganches deberán permitir todas las condiciones de suspensión y movimientos dinámicos durante la operación, incluyendo la falla de suspensión completa.

Handwritten signatures and initials.

Los amortiguadores de gas/hidráulicos deberán evitar el movimiento excesivo y el movimiento hasta los topes, durante la operación de socorro para la recuperación de un Tren defectuoso con carga EL 6.

Los enganches deberán ser capaces de soportar todas las fuerzas operativas experimentadas en operación en modo nominal, durante las operaciones de mantenimiento y en el caso de una colisión, como se muestra a continuación.

- El sistema de enganche deberá soportar repetidamente y absorber efectivamente la energía de colisión, en caso de acople a una velocidad de 5 km/h entre un Tren vacío y un Tren detenido con carga EL 6.

Los amortiguadores de gas/hidráulicos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- En caso de acople, deberán absorber la energía de forma reversible en la barra de acople, no se deberán destruir y no se deberá provocar daño al enganche ni al dispositivo anti-superposición (anti-climber).
- Para impactos a una velocidad superior a 5 km/h, deberán disipar la energía generada por el choque y los daños estructurales deberán limitarse a los carenados y los amortiguadores.

Los enganches deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Deberán soportar todas las condiciones de suspensión y movimientos dinámicos durante la operación, incluyendo la falla completa de suspensión.
- Por ser un equipo de seguridad, se diseñarán para soportar esfuerzos generados bajo condiciones excepcionales, tales como maniobras de socorro - avería, Coches inactivos en tracción o en frenado, entre otras, debiendo resistir esfuerzos longitudinales de compresión y tensión de por lo menos 85 000 daN (850 kN).
- Deberán contar con los dispositivos definidos en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, para impedir que se produzcan desacoplamientos intempestivos de los Trenes bajo cualquier condición de circulación y carga.
- Deberán soportar, sin deterioro alguno, las condiciones que se presentan durante la operación en modo nominal de los Trenes, para lo cual se garantizara una vida útil de sus elementos de amortiguación superior a los 700 000 km.
- Deberán estar equipados con un sistema de guiado y sustentación que asegure el auto centrado vertical y horizontal.
- La conexión neumática de la tubería de equilibrio se realizará en forma automática a través de válvulas que puedan ser reemplazadas en frío y sin necesidad de desmontar otros elementos.
- Su mantenimiento deberá ser simple, con herramientas estándar, y el periodo para mantenimiento mayor será como mínimo de 700 000 km.

El Concesionario deberá proporcionar los cálculos de justificación del cumplimiento satisfactorio del enganche y de los amortiguadores de gas/hidráulicos, en condiciones de circulación a través de curvas de radio vertical y horizontal mínimo, peraltes y cambiavías, y demás condiciones del trazado.

[END]

4.8.2 Enganche semiautomático – Generalidades-

[ID_BOG_MRO_088];

Se instalarán enganches semiautomáticos en ambos extremos de cada Tren que permitan el socorro de un Tren por otro, realizando el acoplamiento mecánico y neumático en las condiciones que a continuación se describen:

- El acoplamiento semiautomático se efectuará únicamente entre dos Trenes del mismo tipo.
- El enganche propuesto deberá tener una capacidad de 850 kN como mínimo.
- Los enganches no deben tener desniveles entre ellos superiores a 150 mm
- El acoplamiento se efectuará con un Tren detenido y un Tren de socorro a una velocidad de hasta 5 km/h. Para desacoplar, el enganche se accionará manualmente mediante una manilla o mediante un dispositivo que permita el desacople automático. Debe ser posible realizar las maniobras anteriores en cualquier condición del trazado de la vía, aun en lugares con desnivel.

[END]

4.8.2.1 Acoplamiento

[ID_BOG_MRO_089];

El enganche deberá permitir:

- De forma automática el acople mecánico, neumático y eléctrico, entre los Trenes.
- El desacople de los Trenes ya sea manualmente desde el costado de la vía o eléctricamente desde la consola de conducción.
- Deberá estar equipado con un dispositivo apropiado para prevenir que se balancee de forma transversal cuando se desacople.
- Deberán incorporar un dispositivo para aislar el aire comprimido y las conexiones eléctricas, mientras se acoplan o desacoplan automáticamente.
- En el caso de la opción con conexiones eléctricas, los conectores deberán ser estancos, con un índice de protección IP65, previstos para trabajar a la intemperie y en un clima con mucha lluvia.
- Deberán tener un dispositivo para informar al sistema que el Tren está acoplado.

Antes de efectuar el acoplamiento, el Tren averiado debe estar completamente detenido y frenado.

El tiempo máximo entre el acoplamiento y el final de la reconfiguración automática será de 120 s.

[END]

4.8.2.2 Desacoplamiento

[ID_BOG_MRO_090];

Para el desacoplamiento, el enganche deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Deberá proteger automáticamente las conexiones neumáticas y los contactos eléctricos, de tal manera que no permita el ingreso de agua, arena y materiales extraños.

El desacoplamiento de los Trenes deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- No deberá tomar más de 60 s.

- Debe poder realizarse desde la consola en funcionamiento, cuando confluyan las tres condiciones siguientes: (i) se detengan los Trenes, (ii) el freno esté aplicado en ambos Trenes; (iii) el operador del Tren de socorro o el operador del CCO ha pedido desacoplar.
- Debe ser manual y con control automático.
- Al realizar la maniobra, no debe modificar el estado del Tren averiado, especialmente en cuanto a la apertura de sus puertas y la desactivación de sus frenos de inmovilización.

[END]

4.8.3 Enganche semipermanente

[ID_BOG_MRO_091];

El acoplamiento entre Coches deberá efectuarse mediante enganches que unirán mecánica, neumática y eléctricamente (circuito de seguridad) a los Coches.

Los enganches deberán garantizar la integridad mecánica, impidiendo la separación de los Coches durante la operación normal. Adicionalmente, los enganches deberán asegurar la continuidad del bucle de integridad eléctrico, de tal forma que al estar abierto el bucle de seguridad en caso de separación de los Coches, se accione un freno de urgencia.

Los enganches deben permitir su separación en frío durante actividades de mantenimiento de forma mecánica y neumática, sin tener que desmontar o desconectar otros elementos diferentes a las conexiones eléctricas y de fibra óptica.

El acoplamiento se realizará con los Coches detenidos; el Concesionario debe garantizar que no existirán desniveles entre los enganches superiores a 150 mm.

El acoplamiento mecánico se diseñará como una unión bridada de dos semi-acoplamientos que incluya la unión mecánica, la conexión neumática y mangas de conexión, las cuales deberán ofrecer total seguridad para el servicio.

Los contactos eléctricos deberán estar conectados al Coche por hilos separados y blindados, con una fijación que evite falsos contactos en el mando del freno de urgencia.

Deberá existir en un lugar accesible una llave de accionamiento manual, para aislar neumáticamente los Coches.

[END]

4.8.4 Acoples eléctricos

[ID_BOG_MRO_092];

La conexión eléctrica entre Coches y la comunicación entre los equipos instalados en los mismos se deberá efectuar por medio de acopladores eléctricos removibles de fácil acople y desacople, que estarán formados por cables de tipo múltiple, con funda resistente mecánicamente y a solventes, humedad y lubricantes.

El número de cables será establecido en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante. El Concesionario deberá garantizar una reserva de por lo menos el 20% de hilos, los cuales quedarán disponibles para futuras aplicaciones.

Handwritten marks: A large circle, the letters "se", and a signature.

Los acoples eléctricos tendrán tomas en cada uno de sus extremos, las cuales deberán poderse acoplar a las tomas instaladas en los extremos de las cajas. Cada toma tendrá una guía, un anti error y un seguro que evite su desconexión.

Las tomas fijas instaladas en los Coches deberán contar con un dispositivo que asegure su estanqueidad en caso de no ser usadas, y tener un seguro que impida su pérdida o extravío.

Los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante deberán asegurar que: (i) la longitud de los cables de enganches entre Coches sea suficiente, para evitar que se vean sometidos a esfuerzos mecánicos durante la operación de los Trenes; y (ii) los acoples eléctricos incorporen cables blindados para protección contra interferencias electromagnéticas.

Cada terminal de los acoples deberá cumplir con la norma de protección IP65.

[END]

4.9 Pinturas y recubrimientos

En los siguientes párrafos se describen las exigencias de protección con pintura para las cajas que no son de acero inoxidable.

Los requisitos de protección contra corrosión requeridos a continuación se aplicarán solo al acero al carbono.

4.9.1 Generalidad

[ID_BOG_MRO_093];

El color exterior de los Trenes debe armonizar con la imagen e identidad institucional establecida para el sistema de transporte público de la ciudad de Bogotá. Todas las superficies a la vista deberán pintarse con pintura de terminación. Para tal efecto, de manera previa a efectuar los trabajos de pintura para los interiores y exteriores de los Coches y demás equipos, el Concesionario deberá poner a consideración de la EMB las alternativas de diseños de pintura señaladas en el capítulo de Requerimientos Estéticos del Material Rodante del presente Apéndice Técnico.

Los procesos de pintura y los requerimientos de recubrimientos deberán cumplir con la norma UIC 842.

Los tipos de pinturas y recubrimientos deberán cumplir con las normas de fuego, humo e impermeabilidad NF 16-101 y EN 45545.

La pintura interior deberá considerar la propiedad de ser aislante acústico, sin reflejos y deslumbramientos (no brillante).

[END]

4.9.2 Materiales y Preparación

[ID_BOG_MRO_094];

Prevía preparación de las superficies por medios mecánicos o químicos para asegurar la correcta adherencia de los materiales, los elementos de la estructura del Coche deberán protegerse contra la corrosión por medio de pintura que tenga las características y espesor señalados en la norma UIC 842.

La pintura y los recubrimientos exteriores deben cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

- Deben ser para uso normal en ferrocarriles.
- Deben tener una vida útil de mínimo 10 años.
- Deben soportar los procesos de lavado con el uso de detergentes.

La pintura de todos los equipos montados en el techo debe brindar protección frente a las condiciones ambientales externas (lluvia, polución, etc.) y debe soportar los procesos de lavado con el uso de detergentes.

Si los Coches tienen una estructura de caja en acero, todos sus elementos metálicos deberán ser decapados, granallados y protegidos con pintura anticorrosiva.

Si los Coches tienen una estructura de caja en aluminio, deberán cumplirse los siguientes requisitos:

- La superficie exterior deberá prepararse mediante un medio mecánico (granallado) y emplearse protección con imprimación.
- La superficie interior deberá prepararse mediante un medio mecánico y deberá ser desengrasada. Si el recubrimiento del piso va pegado directamente al aluminio, se deberá granallar e imprimir dicha zona.

El interior y exterior de los Coches deberá protegerse con pintura o recubrimiento anti grafiti, con una vida útil de por lo menos 10 años. La preparación y la aplicación de la pintura se efectuará siguiendo estrictamente las recomendaciones del fabricante de pintura, y deberán cumplir con lo indicado en las normas UIC 842, EN 45545, NF 16-101 y NF F 31112.

Los tipos de pinturas y recubrimientos deberán cumplir con las normas de fuego, humo e impermeabilidad EN 45545 y NF 16-101.

Los trabajos de pintura se verificarán por parte de la Interventoría de acuerdo con las normas técnicas señaladas en este Apéndice y en el Apéndice Técnico 2 y con la Ley Aplicable; para tal efecto, se llevarán a cabo por lo menos las siguientes pruebas:

- Pruebas de espesor de capas;
- Pruebas de corte reticular;
- Resistencia a la deformación;
- Pruebas visuales.

[END]

4.9.3 Pintura exterior de la caja

[ID_BOG_MRO_095];

Antes de aplicar la pintura exterior de la caja, si corresponde a partes que se encuentren a la vista, se eliminarán todas las ralladuras, cortes o cualquier otra imperfección de superficie. El uso de material de base deberá proporcionar un alto grado de acabado. Todo lo anterior de acuerdo con las exigencias de la norma UIC 842.

[END]

4.9.4 Pintura interior de la caja

[ID_BOG_MRO_096];

El material utilizado deberá respetar los requisitos de protección contra fuego, humo y anti lacerante, previstas en las normas NF 16-101 y EN 45545.

La pintura interior debe soportar los procesos de lavado con el uso de detergentes.

Equipos instalados bajo bastidor en el Coche

La pintura de todos los equipos instalados bajo el bastidor del Coche tales como cofres, motores, compresores, estanques, válvulas de frenado, etc., debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe brindar protección frente a las condiciones ambientales externas (lluvia, polución, etc.) y debe soportar los procesos de lavado con el uso de detergentes.
- Debe protegerlos contra la corrosión y vibraciones.
- Debe ser altamente resistente a golpes, calor, aceite y solventes utilizados en el mantenimiento.

Los siguientes componentes ubicados bajo el bastidor no se pintarán:

- Cableado eléctrico;
- Aisladores;
- Superficies para la transferencia térmica;
- Roscas de ajuste;
- Elastómeros;
- Tuberías metálicas rígidas y flexibles.

[END]

4.10 BOGÍES

4.10.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_097];

Cada Coche estará equipado con 2 bogíes. Todos los bogíes motrices y remolque, incluyendo sus elementos, deberán ser intercambiables.

[END]

[ID_BOG_MRO_098];

Los componentes de los bogíes motrices y remolques que tengan la misma función deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Deben fabricarse de manera homogénea, con el propósito de poderlos intercambiar entre bogies del mismo tipo.
- Todos los bastidores deben tener los mismos herrajes y perforaciones, de tal manera que se puedan intercambiar el equipamiento de cableado, la tubería neumática, antenas y otros componentes instalados en los bastidores.

[END]

[ID_BOG_MRO_099];

La disposición del colector será en cada lado de los carretes. La disposición deberá hacerse mediante un montaje ajustable del colector, en posición vertical, para compensar el desgaste de las ruedas.

[END]

[ID_BOG_MRO_100];

9 2 A

El Concesionario deberá garantizar que el bogie resista todas las cargas que puedan presentarse en su uso, según la configuración particular que haya elegido, tales como pero sin limitarse a aquellas cargas causadas por los efectos de la inercia del motor, de la inercia del equipo, de cargas más húmedas y de los efectos del cargue y descargue de pasajeros. El bogie deberá cumplir con la norma UIC 515 o EN 13749. Junto con la presentación de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, el Concesionario deberá entregar cálculos finitos detallados de los elementos, en los que garantice que el diseño del bogie cumple con los requisitos anteriores, sin perjuicio de su obligación de garantizar el correcto funcionamiento de los bogies durante la Etapa de Operación y Mantenimiento.

[END]

[ID_BOG_MRO_101];

Los bogies deberán cumplir con los siguientes requisitos para facilitar su mantenimiento:

- Las piezas de desgaste tales como rótulas, articulaciones, y todas aquellas sometidas a fricción, deben poder sustituirse en frío, sin necesidad de desmontar otros elementos.
- Los elementos sujetos a mantenimiento deberán ser dispuestos para ser directamente accesibles, en frío, sin necesidad de desmontar otros equipos, tanto para sus inspecciones como para el reemplazo de sus componentes.
- Deben permitir la separación de la caja y el bogie fácilmente, es decir, con un mínimo de operaciones.
- Tanto el acoplamiento neumático como el eléctrico deberán ser de fácil acceso, de tal manera que no sea necesario desmontar otros elementos para acceder a dichos acoplamientos.
- Deberá haber fácil acceso por debajo y lateralmente a los bogies, los motores de tracción y, en general, a los equipos que estén en la estructura del bogie, de tal manera que se pueda acceder a los mismos desmontando el mínimo de piezas posible.
- El cambio de las partes del bogie y, en particular, del motor de tracción, deberá ser posible por debajo del Tren (en la vía de foso), sin tener que levantar el Coche ni el bogie. La alineación entre el reductor y el motor deberá ser de fácil ejecución con las herramientas del taller de mantenimiento menor.
- El diseño del sistema de fijación deberá incluir un método para que el motor de tracción nunca caiga del bogie a la vía.

El Concesionario deberá incorporar en sus Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, las soluciones que disminuyan las vibraciones que se puedan transmitir a la vía, de acuerdo con lo especificado en los Requerimiento de Ruido y Vibraciones definidos en este Apéndice Técnico.

[END]

4.10.2 Bastidor del bogie

[ID_BOG_MRO_102];

Los bastidores de los bogies deben cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

- Deben tener una vida útil mayor a 40 años.
- Su estructura debe cumplir con las siguientes características:
 - Debe ser en acero completamente soldada.

- El diseño de la estructura debe ser hecho para reducir cualquier concentración de esfuerzo.
- Debe ser hecha en acero de baja sensibilidad a la formación de grieta.
- Se deben eliminar todas las concentraciones de esfuerzos al nivel de la soldadura del bastidor del bogie.

Junto con la presentación de los Diseños Principales de Detalle del Material Rodante, el Concesionario deberá entregar un análisis de elementos finitos (FEA) y presentar el respectivo informe de cálculo del bogie, con el análisis de la base de la interfaz del motor de tracción, de la caja de engranajes y su zona cercana.

[END]

[ID_BOG_MRO_103];

En las fechas previstas en el Programa de Pruebas, el Concesionario deberá llevar a cabo las siguientes pruebas en fábrica del bastidor del bogie y presentar sus resultados, conforme a la norma EN 13749:

- Pruebas fijas bajo capacidad de carga;
- Prueba de fatiga.
- Pruebas de control de las soldaduras del bastidor por un procedimiento contrastado (rayos X, ultrasonido a partículas magnéticas), a fin de comprobar su sanidad.

[END]

[ID_BOG_MRO_104];

La geometría del bastidor se deberá diseñar de modo que se produzca un reparto homogéneo de los esfuerzos, evitando en general la concentración de los mismos y, en particular, en los puntos de unión entre piezas, así como en la unión de largueros con traviesas intermedias y con cabeceras, cuando aplique.

Se deberán evitar los cambios bruscos de sección del bastidor que pudieran tener como origen la concentración de tensiones elevadas.

El Concesionario deberá entregar con los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante el procedimiento para la inspección de los bastidores, que deberá corresponder a alguno o a una combinación de los siguientes métodos de ensayos no destructivos:

- Rayos X;
- Líquidos penetrantes;
- Inspección de ultrasonido.

La inspección de los bastidores deberá llevarse a cabo por lo menos durante las operaciones de mantenimiento preventivo.

[END]

[ID_BOG_MRO_105];

En las fechas previstas en el Programa de Pruebas, el Concesionario deberá entregar los parámetros de control correspondientes a cada una de las soldaduras de conformidad con la norma UIC 897-11, y las fechas en las que efectuará las pruebas de soldadura de las principales uniones del bogie, a fin de comprobar la correcta elección de parámetros. La

Interventoría podrá asistir a la realización de las pruebas, las cuales se repetirán cada vez que se comience un nuevo proceso de soldado.

Los soldadores que intervengan en la fabricación de los bastidores y travesaños deberán estar homologados según la norma UIC 897-11.

En el bastidor se incorporarán los soportes de los diferentes elementos del bogie, tales como motores, guiado de ejes, timonería de freno, cilindros de freno, etc.

El bastidor dispondrá de elementos de levantes en los extremos de los largos, para realizar el transporte del bogie en los talleres, por medio de tractor o cabrestante.

En las fechas previstas en el Programa de Pruebas, el Concesionario deberá realizar pruebas destructivas en extenso métrico sobre uno de los primeros bastidores del bogie que se fabrique, para verificar, de conformidad con los Diseños de Detalle Principales de Material Rodante, las tensiones de trabajo correspondientes a las diferentes hipótesis de carga, así como pruebas de fatiga para comprobar su idoneidad para los esfuerzos a los que va a estar sometido durante el servicio al que será destinado. Las pruebas deberán realizarse en presencia de la Interventoría.

[END]

4.10.3 Suspensiones primarias

[ID_BOG_MRO_106];

Los amortiguadores deberán ser de tipo caucho-acero o tipo sándwich en láminas de acero vulcanizado con goma. Deberán tener la suficiente flexibilidad para asegurar una repartición uniforme de las cargas entre las ruedas de un bogie y, en consecuencia, una adherencia óptima. La suspensión tendrá la amortiguación necesaria que permita la circulación hasta la máxima velocidad, sin producir oscilaciones perjudiciales. Cada uno de los Coches motrices y remolques deberá tener suspensión propia.

Los amortiguadores de suspensión deberán tener una vida útil de por lo menos 9 años o 900 000 km, lo primero que ocurra, certificada por el respectivo fabricante.

El Concesionario deberá indicar en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante la aptitud del bogie para circular por vías defectuosas, incluso con la suspensión secundaria sin aire.

Adicionalmente, en las fechas previstas en el Programa de Pruebas, el Concesionario deberá realizar, en uno de los primeros Trenes que se fabriquen, ensayos para comprobar la aptitud del bogie para circular por vías defectuosas que cumplan los requerimientos de calidad de la vía férrea definidos en la norma UIC 518, con un peralte máximo de 140 mm, y con cargas desde EL-E hasta EL-10, de conformidad con lo señalado en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante y deberá suministrar los resultados de la prueba con el siguiente contenido mínimo:

- Diagrama de esfuerzos y de inclinación horizontal y vertical del bogie;
- Cargas con las que se realizaron las pruebas;
- Descripción de la prueba realizada;
- Desviación con respecto a los límites de aceptación previstos en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante.

[END]

4.10.4 Unión y Apoyo de la Caja sobre el Bogie

[ID_BOG_MRO_107];

El tipo de unión caja/bogie deberá garantizar la inscripción del Tren en las curvas con los radios mínimos correspondientes al trazado de la vía.

La unión deberá tener una vida útil mínima de por lo menos 30 años, certificada por el respectivo fabricante

La unión utilizada deberá haber sido probada en al menos tres (3) proyectos con radios de curvatura iguales o inferiores a 200 m.

El bogie dispondrá de un sistema que permita el acceso fácil a la unión. El montaje y desmontaje de la caja sobre el bogie deberá efectuarse de forma simple, sin necesidad de desmontar otros equipos, con herramientas de talleres.

Se deberá prever un sistema que permita compensar la altura de la caja tras el reperfilado de las ruedas, para garantizar la altura del Coche respecto de la infraestructura.

Se dispondrá de un sistema de topes de limitación de giro de modo que, permitiendo el libre giro del bogie para los radios mínimos que se indican la Especificación Técnica de la vía, impidan que el bogie pueda girar en un ángulo excesivo en caso de descarrilamiento.

[END]

4.10.5 Suspensión secundaria

[ID_BOG_MRO_108];

La suspensión secundaria será neumática, a través de cojines y su frecuencia natural será tal que no sea perceptible por los usuarios.

La altura de la suspensión será constante e independiente de la carga, de modo que la altura del piso con relación a la plataforma se mantenga constante; para ello dispondrá de la correspondiente válvula de corrección automática de altura para cada cojín de aire.

La suspensión vertical dispondrá de amortiguación externa. Entre los cojines deberá tener una válvula de balanceo de presión.

Los cojines deberán alimentarse por un circuito neumático independiente del sistema de freno, a través de una válvula de nivelación.

Para el caso de falla de esta suspensión, se dispondrá de un sistema de suspensión de socorro (tope interno) tal que permita la circulación a una velocidad no inferior a 50 km/h, respetando el gálibo y las condiciones de seguridad de circulación.

A fin de permitir el alzado del bogie con la caja (por ejemplo, en caso de descarrilamiento), se dispondrán en la suspensión los elementos necesarios para ello.

Asimismo, el bogie estará provisto de topes en el sentido de elevación para el caso de sobre inflado de uno de los cojines neumáticos por falla de la válvula de mando.

La suspensión transversal se conseguirá mediante los mismos resortes neumáticos y tendrá una frecuencia tal que permita cumplir con la condición de comodidad para los viajeros que establece las normas ISO 2631-1, ISO 2631-4. En los Estudios y Diseños Principales de Material Rodante se indicará la frecuencia prevista para esta suspensión.

e

Handwritten marks: a large 'O', a signature, and a checkmark.

Las oscilaciones transversales deberán ser amortiguadas.

El coeficiente de inclinación del Coche deberá ser como máximo 0,45; en los Estudios y Diseños Principales de Material Rodante se señalarán las medidas de fabricación que se implementarán para limitar el balanceo a este valor y, en caso de ser necesario, incorporar el correspondiente mecanismo que evite que se sobrepase. Este dispositivo deberá diseñarse de modo que evite la transmisión de vibraciones entre bogie y caja.

Existirá un sistema de detección de averías de la suspensión neumática que avise al sistema CBTC, de manera inmediata, cualquier anomalía que se presente.

La información de peso por Coche deberá ser transmitida al sistema CBTC, en tiempo real, a partir de la información de carga medida desde el sistema de suspensión secundaria.

[END]

4.10.6 Equipo de freno montado en el bogie

[ID_BOG_MRO_109];

El equipo de freno del bogie podrá ser de disco o de banda de rodadura.

En caso de discos, estos podrán estar montados en las ruedas o en el eje.

El diseño de los soportes de las pastillas deberá asegurar que nunca una pastilla desgastada pueda caerse. Sin embargo, deberán ser fácilmente desmontables.

El sistema de freno deberá cumplir el desempeño de desaceleración que se indica en el apartado de Requerimientos Operativos Básicos del Material Rodante de este Apéndice Técnico. En los Estudios y Diseños Principales de Material Rodante se deberán presentar los cálculos que demuestren que el sistema de freno propuesto permite cumplir con tales requerimientos.

[END]

4.10.6.1 Discos de freno

[ID_BOG_MRO_110];

Los discos de freno deberán prever el montaje de anillos de fricción, a fin de minimizar las operaciones necesarias para su sustitución.

Los discos deberán disponer de marcas que señalen los límites de utilización de los mismos.

La vida útil de los discos, en condiciones normales de funcionamiento, certificada por el respectivo fabricante, será como mínimo de 2 000 000 km.

Los discos de freno deberán ser desmontables y fijados con sistema anti-aflojamiento o accesorios del tipo Split.

Los discos serán autoventilados de forma tal que puedan soportar sin deterioro ni deformaciones el frenado del Tren con sobrecarga EL 10 y desde la máxima velocidad permitida en la PLMB.

La capacidad de disipación del sistema de discos de freno deberá permitir que, en caso de avería del freno eléctrico de servicio de un Coche, el Tren pueda continuar operando sin limitaciones de velocidad en el servicio. En los Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante el Concesionario presentará los cálculos que demuestren la capacidad de

disipación de energía del sistema de discos para el recorrido completo. La temperatura promedio máxima de los discos durante el recorrido no podrá superar 400°C.

[END]

4.10.6.2 Pastillas de freno

[ID_BOG_MRO_111];

Las pastillas de freno deberán ser sintéticas y de alto coeficiente de fricción, libres de amianto o asbesto, deberán tener una duración mínima de 150 000 Km y cumplir la norma UIC 541-3.

El sistema o mecanismo de accionamiento de las pastillas de freno deberá ser tal que permita una presión uniforme de la pastilla sobre el disco, independientemente del desgaste de la pastilla y el disco. Se deberán emplear sistemas con regulación del desgaste u otros debidamente comprobados en aplicaciones similares.

Cada freno deberá tener un sistema de detección de desgaste; cuando la pastilla esté llegando al desgaste máximo permitido, el sistema de detección deberá identificar el sistema del Tren, bogie y Coche donde se produce el evento.

[END]

4.10.6.3 Freno de inmovilización

[ID_BOG_MRO_112];

Los bogíes estarán equipados de un freno de inmovilización. Su aplicación se efectuará al eliminar el aire comprimido que mantiene retenido al muelle por accionamiento manual o automático ante una pérdida de presión de aire.

Este sistema estará incorporado en algunos de los cilindros de freno. Su número será tal que se cumplan los desempeños del Frenado de Inmovilización descritos más adelante en este mismo documento. En los Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante el Concesionario presentará los cálculos que demuestren que el número de frenos de inmovilización permite cumplir con dicho desempeño.

La aplicación de este tipo de freno deberá poder ser controlada por el CBTC o desde la consola de conducción, para lo que se dispondrá del sistema de regulación correspondiente. El sistema dispondrá, asimismo de un control manual para su anulación en caso de manipulación de los Trenes en Cochera, mantenimiento o avería en vía.

Este dispositivo deberá ser de fácil acceso desde ambos costados del Coche, incluso en plataformas de estación y no deberá bloquearse por las variaciones del clima o por el no uso.

En los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante se definirá la información de los estados de los frenos de inmovilizaciones que se visualizarán en el Tren y en el CBTC.

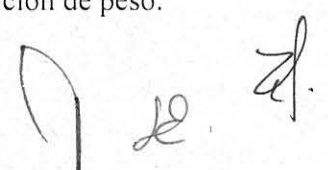
[END]

4.10.7 Equipos auxiliares del bogie

4.10.7.1 Equipos neumáticos

[ID_BOG_MRO_113];

Comprende la instalación neumática en el bogie, incluido el sistema de medición de peso.



Las tuberías se deberán fabricar en un material capaz de resistir a los esfuerzos a los que estarán sometidos y tener una sección adecuada para responder a los requerimientos de frenado.

Las mangueras de unión deberán tener la sección adecuada y respetar los radios mínimos de curvatura, así como una correcta disposición de los mismos, teniendo en cuenta el movimiento relativo de sus extremos.

El material de fabricación de los equipos neumáticos deberá ser resistente a los agentes externos que habitualmente se encuentran en las operaciones ferroviarias, tales como aceites, detergentes y agentes atmosféricos como agua y radiación solar.

La conexión de mangueras entre caja y bogie se efectuará mediante un sistema que asegure que todas las conexiones estén agrupadas en un conector múltiple de fácil desconexión.

Se unificará el tipo de manguera de las uniones neumáticas que pudieran existir entre la caja y el bogie.

[END]

4.10.7.2 Equipo eléctrico

[ID_BOG_MRO_114];

En este grupo se incluyen la disposición de retornos de corriente y el cableado.

Los bogies dispondrán, entre los componentes móviles, de los shuntes necesarios para derivar las corrientes de la tracción y de los circuitos auxiliares de alta tensión hacia el riel. El paso de estas corrientes entre la caja de grasa y el eje montado se efectuará a través de los dispositivos adecuados para el retorno de corriente. El número de shuntes se definirá en función de las necesidades del equipo eléctrico. Estos deberán ser robustos para trabajo pesado.

Este sistema deberá ser tal que la inoperancia de un dispositivo no produzca daños en los demás y mantenga las condiciones de seguridad.

En ningún caso podrá haber diferencia de potencial eléctrico en los rodamientos de los bogies ni paso de corriente eléctrica.

El cableado de los circuitos auxiliares del bogie se hará bajo tubo metálico, disponiendo en un lugar accesible un conector general para unión rápida caja-bogie.

Los conectores serán estancos con un índice de protección IP65 y previstos para trabajar a la intemperie y con un clima con mucha lluvia, para lo cual se deben considerar las condiciones climáticas de la ciudad de Bogotá.

[END]

4.10.7.3 Generadores de frecuencia para equipo Antideslizamiento y Anti patinaje

[ID_BOG_MRO_115];

Los generadores de frecuencia podrán ser i) los utilizados por el equipo de tracción para su control o ii) otros específicos para esta función.

Podrán incorporarse en el propio motor de tracción o estar adosados a las cajas de grasa mediante adaptadores adecuados.

Deberá prestarse atención a la conexión de los generadores con el eje para evitar que se transmitan a aquellos, esfuerzos provenientes de los ejes u oscilaciones parasitas.

[END]

4.10.8 Ruedas, ejes y Eje-Cajas

[ID_BOG_MRO_116];

El diseño y la fabricación de las ruedas de acero, ejes, cajas de grasa de los ejes y montaje de juegos ruedas deberán ajustarse a las normas EN 13103, EN 13104, EN 13260, EN 13261.

Los montajes se deberán haber probado y aceptado con anterioridad por operadores ferroviarios en al menos tres (3) proyectos ferroviarios cuyos trazados cumplan con las siguientes características: (i) deben tener radios horizontales mínimos de 200 metros, (ii) deben tener radios verticales mínimos de 1000 metros.

El diseño de los juegos de ruedas y de la caja de grasa de los ejes deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Deben permitir que el re perfilado de la banda de rodadura se pueda realizar por un torno de ruedas, sin necesidad de desmontar los ejes.
- Las ruedas completamente desgastadas deben poder cambiarse por ruedas nuevas utilizando los equipos del taller de mantenimiento mayor (prensa de calado y extracción).
- El desgaste radial máximo de las ruedas no podrá ser superior a 35 mm.
- Deben permitir que el Tren tenga un comportamiento de circulación confortable, de bajo desgaste y bajo nivel de ruido a través de la optimización de equipos de circulación, de ruedas optimizadas y la combinación de perfil del riel, de tal manera que cumpla con las normas ISO 2631-1, ISO 2631-4. El confort dinámico deberá mantenerse a todas las velocidades.
- La vida útil mínima de las ruedas será de 1 000 000 km para los bogies remolques, 900 000 km para los bogies motrices, y las ruedas deberán alcanzar un mínimo de 150 000 km entre perfilados. Esto debe ser certificado por el fabricante respectivo.

[END]

4.10.8.1 Perfil de la rueda

[ID_BOG_MRO_117];

El diámetro de la rueda nueva deberá ser de 860 mm +10/-10 mm y, con máximo desgaste, no deberá ser inferior a 790 mm.

Las ruedas deberán tener un perfil estándar, que se adapte a las características del riel UIC 54.

Las ruedas deberán ser fabricadas de una pieza forjada, dando aplicación a la norma UIC 812.

Los engrasadores de pestaña deberán ser instalados en los primeros ejes de los Coches extremos.

En los Diseños de Detalle Principales de Material Rodante, el Concesionario deberá:

- Indicar el material para la fabricación de las ruedas, el cual deberá cumplir con los requerimientos de cargas señalados en este Apéndice Técnico y garantizar un recorrido mínimo de 150 000 km entre reperfilados.
- Indicar la máxima diferencia de diámetro de rodadura admisible entre ruedas de un mismo eje, entre las de un bogie, entre distintos bogies, en función de las exigencias impuestas por el equipo de tracción en sus partes mecánica y eléctrica.
- Entregar las curvas reales de calado de ruedas y de los demás elementos calados a presión en el eje, como corona de transmisión y, en su caso, disco de freno.

[END]

4.10.8.2 Dispositivo de Lubricación

[ID_BOG_MRO_118];

Todos los Trenes deberán estar equipados con un dispositivo de lubricación de tipo líquido, que permita el engrase de las pestañas de las ruedas.

El dispositivo de engrase de pestaña deberá estar ubicado en el primer eje del bogie de los Coches extremos, y deberá instalarse un sistema anti-salpicadura en las ruedas para canalizar el exceso de aceite hacia el interior de la vía.

La operación del dispositivo de engrase deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Deberá ser neumática y activada automáticamente por medio del sistema CBTC, y deberá poder configurarse en función del trazado, o con la frecuencia que determinen los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante.
- En conducción manual, debe ser posible activar el sistema desde la consola de conducción.

La posición de los pulverizadores deberá ser regulable para poder ir conforme al desgaste de la rueda o del riel de la vía.

La capacidad del depósito de aceite del equipo debe ser tal que permita una autonomía de recorrido entre rellenos de mínimo 24 000 kilómetros.

[END]

4.10.8.3 Eje montado

[ID_BOG_MRO_119];

Se considera eje montado el conjunto formado por un cuerpo de eje y sus dos ruedas caladas a presión sobre él.

Las ruedas, así como los demás elementos que pueden ir calados a presión sobre el eje, deberán estar provistos de los correspondientes orificios de extracción por presión.

La resistencia eléctrica de los ejes montados deberá ser inferior a la indicada en la norma UIC 512.

[END]

4.10.8.4 Cuerpo del Eje

[ID_BOG_MRO_120];

El cuerpo del eje deberá ser recto, de acero forjado y laminado, y deberá cumplir con la norma UIC 811. El diseño y la fabricación ejes deberán ajustarse a las normas EN 13103, EN 13104, EN 13260, EN 13261.

Las demás características del cuerpo del eje deberán definirse en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, en los que deben especificarse, entre otras, las siguientes:

- Material elegido para el cuerpo del eje y su tratamiento;
- Especificaciones de fabricación y pruebas que se aplicarán al cuerpo del eje;
- Dimensiones del cuerpo de eje, las cuales deben poder soportar los esfuerzos y cargas señalados en este Apéndice Técnico.

Los cálculos preliminares de resistencia del cuerpo de eje.

Adicionalmente, el Concesionario deberá entregar el reflectograma estándar para este tipo de eje.

El diseño del eje deberá permitir su inspección mediante ultrasonido durante el servicio, sin que sea necesario su desmontaje del bogie.

[END]

4.10.8.5 Guiado de ejes

[ID_BOG_MRO_121];

El guiado de ejes, dispositivo encargado de la transmisión de los esfuerzos de tracción, frenados y transversales entre los ejes y el bastidor del bogie, se debe realizar por un sistema que puede estar ligado con el sistema de suspensión primaria. El sistema de guiado de ejes se deberá haber probado y aceptado con anterioridad por operadores ferroviarios en al menos tres (3) proyectos ferroviarios, cuyos trazados cumplan con las siguientes características: (i) deben tener radios horizontales mínimos de 200 metros, (ii) deben tener radios verticales mínimos de 1000 metros.

El sistema de guiado de ejes no debe contar con la utilización de elementos sujetos a desgaste, debiéndose utilizar, de ser necesario, articulaciones provistas de silentblocs para evitar la transmisión de vibraciones del eje.

Cualquiera que sea el sistema de guiado de ejes propuesto, deberá permitir los desplazamientos verticales debidos a la suspensión, así como los transversales y longitudinales que garanticen la estabilidad dinámica del Tren a velocidades de hasta 90 km/h en las condiciones de trazado de la línea principal.

[END]

4.10.8.6 Rodamientos de los Ejes

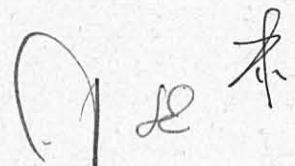
[ID_BOG_MRO_122];

Los rodamientos utilizados en la caja serán normalizados y del tipo rodamiento de ferrocarriles.

[END]

4.10.8.7 Cajas de Engrase

[ID_BOG_MRO_123];



12

El diseño de las cajas de engrase estará acorde con el tipo de suspensión y sistema guiado de ejes que se solicita, y deberá prever que el desmontaje de las cajas para limpieza de los rodamientos y reposición total de la grasa se efectúe únicamente en las operaciones de mantenimiento mayor del Tren.

Las cajas de engrase deben ir equipadas con rodamientos normalizados de aplicación ferroviaria, de uso corriente en aplicaciones ferroviarias, cuyo montaje y desmontaje sea sencillo, es decir, que en lo posible se pueda realizar sin tener que desmontar otros elementos.

El cuerpo de las cajas de engrase deberá cumplir las siguientes características, de tal manera que permita soportar el uso de gatos de levante en caso de descarrilamiento:

- Deberá tener una superficie plana en su parte inferior;
- Deberá ser fabricado en acero moldeado de calidad, con tratamiento térmico normalizado, que cumpla con la norma EN 10 293.

El Concesionario deberá presentar con los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, los cálculos realizados mediante elementos finitos que permitan verificar que el diseño de las cajas de engrase, cumple con las tensiones de trabajo correspondientes a las diferentes hipótesis de carga del Tren señaladas en este Apéndice Técnico. Lo anterior sin perjuicio de la obligación del Concesionario de que las cajas de engrase cumplan con las Especificaciones Técnicas durante la Etapa de Operación y Mantenimiento.

Los rodamientos de tipo ferroviario deberán ser lubricados mediante grasa. El Concesionario, de acuerdo con el cálculo de los rodamientos, definirá con el fabricante un tipo de grasa del mercado nacional para la lubricación de los mismos.

En los Estudios y Diseños de Detalle Principales, el Concesionario deberá presentar un cálculo previo de la vida prevista para los rodamientos en condiciones de mantenimiento y engrase normales, no siendo en ningún caso menor de 1 500 000 km.

Los intervalos de lubricación serán lo más extensos posibles y, en ningún caso, inferiores a 350 000 km.

[END]

4.10.9 Transmisión de esfuerzos longitudinales y transversales

El enlace transversal entre caja y bogie deberá permitir una marcha sin golpes laterales en una vía en estado medio de conservación.

Para limitar los desplazamientos transversales deben disponerse amortiguadores de topes de acción progresiva.

Las articulaciones de este dispositivo serán libres de mantenimiento.

4.10.10 Motor de Tracción

[ID_BOG_MRO_124];

El bogie deberá ser bimotores, con el montaje de sus motores enteramente suspendidos.

El sistema de unión de los motores con el bastidor deberá evitar la transmisión de vibraciones de éste al Coche. El bogie dispondrá de los elementos necesarios de seguridad para que, en caso de rotura de los amarres, se impida que el motor caiga a la vía.

Handwritten marks: a large '9', '12', '41', and '2'.

La disposición de los motores en el bogie será tal que permita realizar fácilmente las operaciones de mantenimiento con todos los elementos del bogie montados, con acceso desde la vía en foso de mantenimiento y desde arriba.

El montaje y desmontaje de los motores deberá poder efectuarse por abajo y, en lo posible, sin necesidad de sacar el bogie del Coche. El Concesionario deberá indicar y justificar la solución que se propone a este respecto en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante.

En caso de motores abiertos, se deberá asegurar que la refrigeración permita cumplir con los requerimientos de operación definidos en este Apéndice Técnico. Igualmente, deberán ser de fácil acceso en el proceso de mantenimiento, es decir sin necesidad de desmontar otro equipo para acceder el equipo a mantener.

Los motores de tracción deberán disponer de un filtro en la entrada de aire para evitar obstrucciones por objetos.

[END]

4.10.10.1 Enfriamiento del Motor

[ID_BOG_MRO_125];

Deberán ser instalados filtros en las entradas del sistema de enfriamiento, diseñados para evitar el ingreso de mugre al sistema, sin reducir la calidad del enfriamiento.

El cambio de los filtros deberá ser fácilmente accesible, es decir, sin que sea necesario desmontar otros elementos para su cambio; adicionalmente, los filtros deberán ser intercambiables, permitiendo su reubicación en cualquier otra entrada similar del sistema de enfriamiento.

[END]

4.10.10.2 Acople del Motor

[ID_BOG_MRO_126];

El acople del motor deberá tener las siguientes características:

- Deberá estar situado en la cadena cinemática entre motor y reductor.
- Deberá ser de dimensiones tales que permitan la transmisión de la potencia de tracción y tener capacidad de absorber los desplazamientos relativos entre sus ejes de entrada y salida, permitiendo el libre desplazamiento de los ejes del bogie para adaptarse a las irregularidades de la vía, sin limitar el recorrido máximo necesario de las suspensiones primarias.
- Deberá ser un sistema que no transmita vibraciones y no deberá requerir mantenimiento antes de las operaciones de mantenimiento mayor del Tren.
- Deberá ser un sistema equilibrado dinámicamente y homocinético.

El Concesionario deberá indicar en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante las operaciones de mantenimiento que sean necesarias para el acople del motor.

La vida útil de los acoples del motor deberá ser superior a dos mantenimientos mayores del Tren.

El desmontaje o cambio de los acoples del motor deberá ser posible sin desmontar el motor de tracción.

[END]

4.10.10.3 Reductor

[ID_BOG_MRO_127];

El reductor deberá cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Deberá ser de un tipo compatible con el montaje de motor previsto, pudiendo ser enteramente suspendido o apoyado en el eje de ruedas.
- Deberá tener una vida útil de por lo menos 40 años.
- Deberá tener capacidad para que, bajo ninguna circunstancia, se realicen cambios de aceite antes de cada 200 000 km o 1 año.
- Deberá ser de funcionamiento silencioso.
- Sus rodamientos deberán tener una vida útil equivalente a, por lo menos, dos mantenimientos mayores del Tren.
- En caso de que los engranajes estén calados en su eje, deberán disponer de los correspondientes orificios para su extracción por inyección de aceite.
- El cárter del reductor deberá tener una vida útil de por lo menos 40 años, durante la cual deberá permanecer sin deformaciones y estanco, evitando salidas de aceite y sin incorporar elementos de roce como retenes.
- Su lubricación deberá ser mediante aceite, debiendo disponer el reductor de un sistema indicador fiable, que permita la vigilancia de su nivel con exactitud mediante inspección visual, sin tener que desmontar otros elementos.
- Deberá disponer de un sistema para vaciar el Carter para el cambio de aceite, que permita que éste se efectúe fácilmente.
- Se deberá acordar con el fabricante la utilización en el reductor un tipo de aceite del mercado nacional.
- El tapón de relleno deberá tener un sistema de imán para atraer las partículas metálicas que se puedan generar, producto de una falla o desgaste prematuro de los engranajes.

Los reductores, de acuerdo con la disposición que se prevea para la cadena cinemática, podrán estar provistos de bielas de reacción entre la carcasa del reductor y el bastidor del bogie. En ese caso, este dispositivo deberá tener sus articulaciones con elementos elásticos, de modo que no transmita vibraciones al resto del Tren.

El Concesionario deberá indicar en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, con respecto al reductor, entre otras, las siguientes cosas:

- La relación de transmisión del reductor.
- Los periodos de revisión y de cambio de aceite, así como las principales operaciones de mantenimiento que requiera.

Todos los reductores deberán ser sometidos, antes de su montaje en el bogie, a una prueba de rodaje en banco para asegurarse de su correcto montaje. Para dicha prueba, el Concesionario deberá establecer un protocolo de control que entregue con los Estudios y Diseños Principales de Material Rodante; los resultados de la prueba deberán ser entregados al Interventor dentro de los cinco días siguientes a su realización.

[END]

Handwritten signatures and initials at the bottom right of the page.

4.10.10.4 Sensores de Velocidad

[ID_BOG_MRO_128];

En caso de utilizar sensores de velocidad en los motores de tracción, estos deberán ser sin contacto y sin desgaste de tipo electro magnético.

Deberá haber dos sensores de velocidad montados en los ejes del motor, los cuales puedan detectar también el sentido de rotación.

[END]

4.10.11 Equipo CBTC montado en el bogie

[ID_BOG_MRO_129];

El diseño del bogie deberá garantizar que el equipo del CBTC pueda ser instalado en el bogie; para lo anterior, el bogie deberá incluir, pero sin limitarse a, lo siguiente:

- Las ubicaciones y fijaciones para los transpondedores o las antenas, las cuales deberán ser lo suficientemente robustas como para albergar estos elementos sin que se caigan y estar protegidas para evitar que se produzcan desperfectos por impactos con objetos sobre la vía;
- La ubicación y el montaje de los generadores de velocidad;
- La ubicación y el montaje del cableado asociado a los anteriores.

[END]

4.10.12 Quita Piedras

[ID_BOG_MRO_130];

Delante de las ruedas extremas del Tren, se deberán poner quitapiedras con el fin de eliminar de la vía los objetos que pudieran ser obstáculo.

Los quita piedras deberán ser regulables en altura para compensar el desgaste de las ruedas. Estos elementos, deberán proteger los equipos del CBTC.

[END]

4.10.13 Detección de obstáculos para el Tren

[ID_BOG_MRO_131];

Cada extremo del Tren deberá ser equipado con un dispositivo de detección de obstáculos en la vía, que deberá cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Deberá poder detectar objetos inesperados, incluyendo personas, con el propósito de activar el freno de urgencia del Tren al entrar en contacto con cualquier objeto y enviar una alarma al sistema CBTC embarcado.
- El Concesionario debe supervisar continuamente el estado de los detectores de obstáculos será objeto de una supervisión continua, y es obligación del Concesionario garantizar su correcto funcionamiento.
- El dispositivo de detección deberá poder rearmarse de dos maneras antes de la restauración de la operación del Tren: (i) de manera remota desde el CCO, y (ii) de manera manual local.
- En caso de falla persistente del dispositivo, deberá ser posible inhibir la alarma remota desde el CCO y también de manera manual por un operador.

[END]

4.10.14 Detección de descarrilamiento

[ID_BOG_MRO_132];

El Concesionario deberá instalar un sistema de detección de descarrilamiento en cada Tren, que deberá cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Al activarse el sistema, deberá interrumpir el bucle de seguridad, lo cual deberá provocar la parada inmediata del Tren (frenado de urgencia).
- El CBTC embarcado deberá estar interconectado con este sistema (en seguridad), con el fin de cortar la tracción o las autorizaciones de marcha del Tren de la zona automática considerada, en caso de activación.

El sistema de detección de descarrilamiento deberá haber sido probado en al menos 3 proyectos de sistemas metro con tecnología UTO, que hayan incorporado este sistema de detección de descarrilamiento, de tal forma que demuestre su funcionamiento exitoso en la mitigación del riesgo de falsas detecciones.

[END]

4.11 Equipos neumáticos

4.11.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_133];

El sistema neumático del Tren comprenderá los aspectos de producción, tratamiento, almacenamiento y distribución del aire comprimido, que incluyen:

- Motocompresor o Unidad de Compresión de Aire;
- Secador de aire;
- Depósitos de aire;
- Válvulas para purgas automáticas de agua del sistema;
- Regulación, protecciones y accesorios para la interconexión de los anteriores.

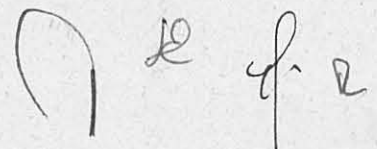
El sistema neumático del Tren debe cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:

- Debe producir aire comprimido en cantidad suficiente para que las funciones que desempeñan los equipos de accionamiento neumático, principalmente las de seguridad del Tren, se lleven a cabo correctamente de conformidad con lo establecido en este Apéndice Técnico.
- Debe tener un secador de aire entre la unidad de compresión y el estanque de almacenamiento, el cual deberá tener una válvula automática para purga de agua.
- Debe garantizar el suministro de aire seco y limpio para todos los sistemas del Tren que lo requieran.

El Concesionario deberá entregar en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante la descripción y los diagramas del sistema neumático completo, así como los cálculos de consumo de aire y tasa de funcionamiento de compresor, considerando su aplicación a los equipos de operación neumática.

El sistema de suministro de aire deberá ser diseñado para cumplir con las siguientes condiciones, simultáneamente a partir de la presión de salida de la unidad de compresión, sin llegar a la presión mínima de la tubería principal que lleve al Tren a un frenado de urgencia:

- Variaciones rápidas de la carga de aire de vacío a cargado;



- Dos ciclos completos de alivio y aplicación de freno;
- Fuga controlada de aire del Tren;

El tiempo máximo de cargado del sistema de aire comprimido del Tren en vacío hasta la presión máxima de trabajo, deberá ser inferior a 10 minutos.

[END]

4.11.2 Unidad de Compresión de Aire

[ID_BOG_MRO_134];

El compresor podrá ser de tipo rotativo o de tipo alternativo (recíproco), acoplado directamente y de manera flexible a un motor asíncrono trifásico. Cada Tren contará con dos grupos motocompresores que podrán funcionar en forma individual o simultánea (sincronizada), con el fin de abastecer a todo el Tren, bajo el régimen de arranque y paro, en un rango de presiones acorde con el diseño del Tren.

En caso de falla de uno de los compresores, otro deberá ser capaz de alimentar el circuito neumático para que funcione sin restricciones y suplir el funcionamiento del primero o, de ser el caso, compensar esta deficiencia con el aumento de su ciclo de trabajo.

Cada grupo motocompresor estará dispuesto bajo el bastidor de los Coches mediante una estructura suspendida por elementos elásticos, que minimice la transmisión de vibraciones al salón de pasajeros, de tal forma que cumpla con las normas ISO 2631 e IEC 61373, y permita un rápido desmontaje e inspección durante las labores de mantenimiento, sin tener que desmontar en lo posible otros elementos.

El nivel de ruido máximo en pleno funcionamiento que se permitirá será de 75 dbA medido a 1,5 metros.

El período entre mantenimientos menores del compresor deberá ser superior a 30 000 km y su revisión general no se deberá realizar antes de 300 000 km.

El compresor deberá contar con los filtros que eviten el ingreso de objetos a las redes neumáticas, las protecciones de sobre presión y las protecciones de temperatura, necesarias para evitar daño a los equipos y al personal de mantenimiento.

El motor del compresor deberá tener protecciones eléctricas que lo protejan ante la caída de una fase y ante sobre corrientes o sobre voltajes.

Las conexiones eléctricas deberán tener el nivel de calidad que exige la operación de un sistema ferroviario, en aplicación de la norma UIC 648 y deberán ser de fácil instalación y desinstalación, evitando en lo posible que sea necesario desmontar otros elementos para ello.

Las conexiones neumáticas y mecánicas deberán tener un nivel de calidad que permitan cumplir con los Indicadores de Operación y Mantenimiento y deberán ser de fácil instalación y desinstalación, evitando en lo posible que sea necesario desmontar otros elementos para ello.

Los conectores deberán ser estancos, con un índice de protección IP65, previstos para trabajar a la intemperie y con un clima con mucha lluvia.

[END]

Handwritten signatures and initials.

4.11.3 Motor Eléctrico

[ID_BOG_MRO_135];

El motor que se utilice para accionar los compresores deberá cumplir con las siguientes características mínimas:

- Debe ser asíncrono, alimentado por el convertidor estático del Tren;
- Cualquier falla eléctrica propia del motor no deberá afectar el buen funcionamiento del convertidor estático del Tren que lo alimenta;
- Debe cumplir con la norma IEC 349;
- Debe tener aislamiento clase F;
- Debe ser autoventilado;
- Debe tener una caja de conexión hermética sobre la carcasa, en su parte superior, que permita su empalme con los circuitos del Coche a través de una toma rápida.

[END]

4.11.4 Secador de Aire

[ID_BOG_MRO_136];

El aire comprimido, después de la salida del compresor, deberá pasar por un sistema de enfriamiento, por un separador de aceite en suspensión, y por un secador de aire.

El secador de aire deberá tener un sistema que evite que sea accionado cuando el Tren está parado en estación.

[END]

4.11.5 Tanques de Aire Comprimido

[ID_BOG_MRO_137];

El sistema neumático deberá tener tanques principales para almacenamiento del aire comprimido con capacidad suficiente para asegurar el suministro a los equipos neumáticos del Tren que lo requieran. Los tanques principales estarán en comunicación por medio de una tubería de equilibrio, de la cual saldrán las derivaciones para los diversos circuitos del Tren.

Adicionalmente, el sistema neumático deberá tener un tanque auxiliar en cada Coche, con capacidad suficiente para que el Tren pueda efectuar, como mínimo, tres frenados consecutivos de urgencia, en caso de no funcionamiento del compresor. Para todos los efectos, se entiende que cada frenado de urgencia implica la detención completa del Tren.

Los tanques principales y auxiliares deberán ser protegidos con recubrimientos de gran resistencia a la corrosión, que garanticen como mínimo una vida útil de 40 años.

[END]

4.11.6 Control, Mando y Regulación

[ID_BOG_MRO_138];

Los paneles de mando neumático, conformados por electroválvulas, transductores y válvulas constituyen el control, mando y regulación de los sistemas de frenado, los cuales deberán ser de fácil acceso, de tal manera que no sea necesario desmontar otros elementos para visualizarlos.

Cada grupo motocompesor deberá tener un regulador ajustado a la presión mínima y máxima de operación.

El sistema neumático debe tener la capacidad de transmitir la información de falla de los compresores al CBTC embarcado, para que la consola de conducción muestre la respectiva alarma de falla de los compresores, indicando el Coche o Coches que presenten la avería, y para que el MMS registre y gestione dicha información.

El motocompresor deberá contar con dispositivos de aislamiento de su alimentación, que puedan ser activados para llevar a cabo las intervenciones de mantenimiento.

El circuito eléctrico de comando de la unidad compresora deberá estar equipado con un conmutador eléctrico de 3 posiciones (normal, aislado y directo), localizado en un armario eléctrico, y otro conmutador en serie con dos posiciones (normal y aislado), localizado en el panel del compresor.

El motocompresor deberá tener un mecanismo de protección contra la inversión del sentido de rotación del compresor.

El circuito de comando/control de la unidad de compresión de aire deberá ser probado de conformidad con la norma IEC 60077; el Concesionario deberá entregar la certificación respectiva expedida por el fabricante, en la fecha prevista en el Programa de Pruebas.

[END]

4.12 Puertas para Pasajeros

4.12.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_139];

Las puertas para pasajeros deberán cumplir con las siguientes características generales:

- Los Coches deberá contar con cuatro (4) puertas en cada uno de sus laterales;
- Cada puerta debe ser de doble hoja de tipo deslizante, encajable exterior, sin montante intermedio;
- Cada puerta deberá tener capacidad para un flujo mínimo de 80 pasajeros por minuto, con un conteo de 0,67 pax por segundo y por flujo;
- Las puertas deberán mantener la equidistancia entre ellas a lo largo de toda la composición;
- El accionamiento de las hojas deberá efectuarse mediante un motor eléctrico, con el movimiento de ambas hojas conjugado de forma que realicen simultáneamente las maniobras de apertura y cierre, mediante los adecuados elementos mecánicos de transmisión del movimiento;
- Las puertas abiertas deberán tener un espacio libre de paso mínimo de 1 400 mm de ancho y 1 900 mm de alto;
- El mando de apertura y cierre de las puertas se deberá poder realizar tanto de forma automática por medio del CBTC embarcado, como desde las consolas en conducción manual;
- En el taller deberá ser posible efectuar comando de apertura y cierre a ambos lados del Coche, por operación desfasada, mediante el accionamiento de un dispositivo específico ubicado en las consolas de conducción manual;
- El sistema de control general debe permitir la posibilidad de liberar todas las puertas del lado de servicio, tanto de forma automática por medio del CBTC embarcado, como desde las consolas en conducción manual;

- Las puertas podrán operarse tanto desde el CBTC, como desde la consola de conducción en servicio en modo degradado;
- Las puertas deberán contar con amortiguadores ajustables al final del desplazamiento en ambas direcciones;
- Los motores eléctricos de las puertas deberán ser alimentados por el circuito de alimentación de energía permanente del Tren;
- Los motores de las puertas deberán tener una vida útil de por lo menos 30 años en operación comercial, certificada por el fabricante;
- Los motores de las puertas deberán estar dotados de apoyos de rodamiento blindados y tener una protección de tipo IP44;
- El Concesionario deberá entregar, en la fecha prevista en el Programa de Pruebas, una certificación del fabricante según la cual los motores de las puertas fueron probados satisfactoriamente, de acuerdo con las condiciones de la norma IEC 60034;
- Fijado en la pared externa del Tren, encima de cada puerta, deberá haber un corta goteras o vierte aguas que evite el ingreso de agua al mecanismo de puertas y brinde a los usuarios protección contra la lluvia al momento de ingresar o salir del Tren;
- Las puertas deberán estar equipadas con un sistema de protección de sobrecarga por obstrucción, que opere tanto para la apertura como para el cierre y evite daños en las puertas y a los usuarios;
- Las puertas deberán tener un desplazamiento suave, libre de sacudidas y de golpes.

[END]

[ID_BOG_MRO_140];

El equipo de control de puertas deberá garantizar, bajo cualquier circunstancia, la seguridad de los pasajeros, para lo cual deberá cumplir, por lo menos, con lo siguiente:

- El sistema contará con un mecanismo alternativo que, en caso de falla del equipo de control, lleve automáticamente el sistema de la puerta al cierre;
- El Tren deberá detenerse automáticamente mediante el freno de urgencia, en caso de que se abra una puerta, ya sea que el Tren esté en modo de conducción CBTC o en modo manual;
- Todas las puertas deberán tener un asidero ubicado a la mitad de altura de cada puerta, para arrastrarla en forma manual.

[END]

4.12.2 Control de las Puertas en Operación Nominal.

[ID_BOG_MRO_141];

Los mandos de apertura y cierre de puertas en la consola de conducción se implantarán de tal manera que permitan al operador, en modo de conducción manual, controlar visualmente el acceso de los usuarios.

Deberán ponerse lámparas de tipo LED en el interior de los Coches y visibles desde el exterior, para anunciar el cierre de las puertas e indicar los estados de cada una de estas: abierta, cerrando, o aislada. Estas lámparas estarán ubicadas en la parte media superior de las puertas y encenderán en forma parpadeante cuando se anuncie el cierre de éstas, de conformidad con la norma EN 14752. El Concesionario deberá definir en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante un nivel de luminosidad que permita a

los usuarios ver las lámparas sin dificultad desde cualquier parte del Coche, así como desde la plataforma.

Se colocará en el interior de los Coches, encima de cada puerta, una alarma sonora para las personas con visibilidad reducida. El Concesionario deberá definir en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, un nivel sonoro que permita a los usuarios que se encuentren tanto en la plataforma como en el interior de los Coches, escuchar la alarma, incluso con el ruido ambiente y con un alto nivel de ocupación en el Tren (EL 8 o superior).
[END]

4.12.3 Cierre de puertas

Generalidades:

[ID_BOG_MRO_142];

El anuncio de cierre de puertas debe ser una función del Tren. Cual sea el origen del mando de cierre de puertas, que se haga por el CBTC o por un operador, el Tren deberá emitir una señal acústica antes de cierre de puertas.

El cierre de puertas deberá funcionar normalmente aun cuando se aplique una fuerza de 30 daN en el borde de la hoja (esfuerzo longitudinal).

Las puertas deberán ser provistas con dispositivos de enclavamiento mecánico, que actuarán automáticamente a través de captadores de posición cerrado.

Se asegurará la permanencia del cierre de puertas en servicio normal, para autorizar la salida y circulación del Tren, de tal manera que se permita el movimiento del Tren únicamente si las puertas están completamente cerradas y el bucle de seguridad no está interrumpido.

El control de cierre de las puertas debe ser posible mediante operación CBTC y operación manual, como se describe a continuación.

[END]

Operación por el CBTC:

[ID_BOG_MRO_143];

El control de cierre de las puertas mediante operación por el CBTC debe cumplir con las siguientes características:

- El tiempo entre el comando del cierre enviado por el CBTC y el término de su ejecución deberá ser inferior a 3 segundos;
- Antes del final de la carrera de cierre, debe ejecutar una segunda velocidad más lenta, que evite daños a los usuarios y a los equipos.

[END]

Operación Manual:

[ID_BOG_MRO_144];

El control de cierre de las puertas mediante operación manual debe cumplir con las siguientes características:

- Deberá contar con una función de "cierre controlado" que evite un comando de cierre permanente, esto es, que permita al operador abrir la puerta cuando esta está en proceso de cierre, ya sea de manera manual mediante el liberador de puerta en emergencia cuando el Tren esté detenido, o mediante una orden desde la consola de conducción;

- Debe permitir que el comando de cierre de puertas esté habilitado en todos los modos de conducción manual de los modos degradados;
- El comando de cierre debe ser prioritario al comando de apertura;
- Al pulsar el dispositivo de cierre de puertas, deberá generarse un anuncio de cierre de puertas por al menos 3 segundos, después, una vez haya verificado que no hay pasajeros bloqueando las puertas, el operador deberá mantener oprimido el dispositivo de cierre para que las puertas se cierren; adicionalmente, el control de cierre deberá incluir diferentes opciones de configuración de los tiempos, según el dispositivo de cierre se pulse o se mantenga presionado;
- El comando de cierre de puertas estará habilitado en todos los modos de conducción manual del modo degradado; este comando de cierre será prioritario al comando de apertura;
- En la consola de conducción se dispondrá de una señal luminosa y sonora que confirme el cierre de puertas.

[END]

4.12.4 Apertura de puertas

Generalidades:

[ID_BOG_MRO_145];

La apertura de puertas deberá satisfacer las siguientes condiciones:

- El Concesionario deberá implementar todos aquellos mecanismos que sean necesarios para garantizar que, tanto en modo de operación manual como en modo de operación CBTC, la apertura de puertas se hará siempre del lado de la plataforma o, en caso de evacuación, del lado del pasillo, y nunca se podrá hacer del lado entre vías, de tal manera que se garantice la seguridad de los usuarios;
- El tiempo entre el comando de la apertura y el término de su ejecución deberá ser de máximo a 3 segundos, permitiéndose el ajuste de la velocidad al final de la carrera para evitar daños del equipo;
- Cuando las hojas de las puertas están totalmente abiertas, en el final de su recorrido, estas deben quedar libres; cuando las puertas estén libres, deben poder moverse manualmente aplicando una fuerza longitudinal inferior a 10 daN;
- Adicionalmente, los equipos de control de las puertas deberán contar con elementos de comunicación con el equipo de diagnóstico del Tren y grabar toda información sobre el funcionamiento del sistema de puertas y de cada puerta en particular.
- El comando de apertura se debe poder realizar: (i) de forma automática por el CBTC; y (ii) desde la consola de conducción;
- Salvo en el caso de evacuaciones, el Tren deberá estar posicionado y alineado con las puertas de andén o plataforma, para poder proceder a la apertura de las puertas;
- El esfuerzo necesario para abrir una puerta cuando está cerrada y bloqueada, deberá ser mayor a 120 daN;
- El Concesionario deberá instalar entre las puertas y la carrocería del Tren, tanto al interior como al exterior, los elementos de seguridad que sean necesarios para evitar atrapamientos de las manos de los usuarios;

Handwritten marks: a large circle, the number 12, and the letters "P.e."

- El Concesionario deberá contar con un sistema de evacuación de desperdicios en el riel inferior de las puertas, para evitar que el cierre de las puertas sea bloqueado por algún elemento extraño.

[END]

Operación por el CBTC:

El control de apertura de las puertas mediante operación por el CBTC debe cumplir con las siguientes características:

- El dispositivo de selección de modo de conducción debe estar en la posición UTO;
- Debe indicar al sistema CBTC el estado de cada puerta (abierta, cerrada, aislada, bloqueada, sin información o en falla); el tiempo de señalización debe ser inferior a 1 segundo y sin desfase de información cuando las puertas se abren o cierran simultáneamente.

[END]

Operación Manual:

[ID_BOG_MRO_146];

El control de apertura de las puertas mediante operación manual debe cumplir con las siguientes características:

- El dispositivo de selección de modo de conducción debe estar en la posición manual, para que el control de apertura de las puertas en modo manual pueda usarse;
- La apertura se realizará al accionar el dispositivo de apertura de la consola de conducción.

[END]

4.12.5 Acceso para el Operador del Tren

[ID_BOG_MRO_147];

Las primeras puertas de los Coches extremos, ubicadas una a cada lado, deberán tener sistema "Crewswith" con las siguientes características:

- Deberá permitir apertura de las primeras puertas de los Coches extremos, tanto desde el exterior como desde el interior del Coche, por personal debidamente autorizado, que dispondrá de las llaves respectivas;
- Si el "Crewswith" es activado mientras el Tren esté fuera de las posiciones de transferencia, o fuera de la zona de conducción manual del patio taller, se producirá un frenado de urgencia y se generará una alarma al CCO; este frenado de urgencia deberá poder ser anulado desde el mismo Tren;
- El dispositivo "Crewswith" deberá ser supervisado por el CBTC;
- En caso de activación de este dispositivo en vía comercial, del lado entrevía, el CBTC deberá crear una zona de protección y prohibir la circulación de Trenes en la vía opuesta;
- El Concesionario deberá instalar peldaños fijados en el bastidor y debajo de cada puerta, pasamanos embebidos y manillas exteriores, que faciliten la apertura de las primeras puertas de los Coches extremos, de tal forma que permita el ingreso seguro de los operadores al interior de los Coches desde la vía, así como su descenso.

[END]

le 70

4.12.6 *Requerimientos Constructivos de las Hojas de las Puertas*

[ID_BOG_MRO_148];

Las puertas para los pasajeros deben tener las siguientes características:

- Deben ser puertas del tipo *Full Glass* que resistan una carga de 100 dan aplicada en sentido transversal al plano de la hoja, en un área de 0,02 m²; el Concesionario debe garantizar que el espesor de los cristales resiste la carga mencionada y, en cualquier caso, los cristales deben tener mínimo 6 mm de espesor;
- Los cristales deberán cumplir con las características indicadas en las normas NF F 31129 y NF F 31250;
- Las puertas deben cumplir con la norma EN 14752 y deben haber sido objeto de pruebas tipo y de serie certificadas por el fabricante; el Concesionario deberá entregar, en la fecha prevista en el Programa de Pruebas, una certificación de fabricante en este sentido;
- Las juntas de las puertas deberán proporcionar estanqueidad, deberán tener flexibilidad suficiente como para no causar lesiones a los pasajeros y deberán cumplir con la norma ASTM 2000;
- Los periodos mínimos entre mantenimientos para lubricación y limpieza de las puertas deben ser de, por lo menos, 120 000 km; el Concesionario deberá entregar junto con los Estudios de Diseño de Detalle Principales del Material Rodante una certificación de fabricante en este sentido;
- El mecanismo de suspensión y conjugación de las puertas deberá tener el mínimo posible de partes sujetas a desgaste;
- El nivelado de las hojas de las puertas debe ser posible sin necesidad de desmontarlas del Coche;
- Los componentes del sistema de puertas deberán tener una vida útil superior a los 2 000 000 km; el Concesionario deberá entregar junto con los Estudios de Diseño de Detalle Principales del Material Rodante una certificación de fabricante en este sentido;
- Además de lo anterior, las hojas de las puertas deben cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:
 - deben estar equipadas con guías superiores e inferiores;
 - deben estar aisladas contra el calor y los ruidos;
 - deben estar selladas al agua y al aire, incluyendo sus juntas, bordes y posibles cavidades, cumpliendo por lo menos con IP 54, y deben cumplir adicionalmente con las normas IEC 529 o EN 60529;
 - las de las puertas desellados contra humedad;
 - las juntas deberán ser fácilmente reemplazables sin dañar ni desmontar la hoja;
 - deben tener un perfil de goma traslapado del tipo macho/hembra, que cubra la altura total de la puerta, para proteger los dedos de los usuarios contra heridas y permitir su retiro de entre las juntas blandas;
 - cada hoja de puerta deberá ser fácil de cambiar, de tal forma que para cambiarla se tenga que desmontar la menor cantidad de fijaciones posible;
 - deben tener drenajes que eviten que el agua de drenaje caiga sobre los cofres bajo bastidor;
 - la platina de control debe ser instalada de tal manera, que no afecte el mantenimiento del sistema de suspensión y correderas de las puertas.

[END]

4.12.7 Sistema de Bloqueo de Puerta

[ID_BOG_MRO_149];

Cada puerta deberá tener un dispositivo que permita su bloqueo individual. El accionamiento de este dispositivo debe poder realizarse al interior y, opcionalmente, desde el exterior del Coche. Este sistema solo deberá aislar el mando y el motor de puertas, y en ningún caso deberá aislar el bucle de seguridad de puertas cerradas y bloqueadas.

Todas las puertas de un Coche deberán poder ser bloqueadas simultáneamente mediante un mecanismo automático. Este sistema aislará solo el mando y el motor de puertas, en ningún caso deberá aislar el bucle de puertas cerradas y bloqueadas.

El Tren deberá estar equipado con un sistema que permita al personal autorizado aislar el bucle de seguridad de puerta, para así permitir la tracción en modo manual.

Deberán instalarse en todas las puertas señales luminosas que, en caso de bloqueo, indiquen a los usuarios el bloqueo de la respectiva puerta.

Todo lo anterior deberá ser incluido por el Concesionario en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, sin perjuicio de su obligación de dar cumplimiento a estos requisitos durante la Etapa de Operación y Mantenimiento.

[END]

4.12.8 Dispositivo de Señal de Alarma

[ID_BOG_MRO_150];

Cada puerta debe estar equipada con un dispositivo de señal de alarma, que cumpla con los siguientes requisitos:

- Debe contar con una luz para información visual, que parpadee al momento de su activación y esté fija cuando la comunicación con el CCO sea efectiva; esta luz debe permanecer iluminada hasta el rearme de la alarma;
- La luz debe estar ubicada al costado de cada una de las puertas;
- Deben instalarse además dispositivos a la altura de personas en silla de ruedas, en los Coches extremos con áreas para PMR;
- En caso de conducción UTO, a la activación del dispositivo de señal de alarma, el sistema deberá transmitir al sistema CBTC, la señal de activación con el identificador del dispositivo activado;
- En el caso de conducción manual, a la activación del dispositivo de señal de alarma, el sistema deberá transmitir al operador, en la consola una alarma visual y sonora de activación, con la identificación del dispositivo activado;
- El dispositivo deberá quedar alimentado durante, por lo menos, 10 horas con las baterías del Tren, de tal forma que pueda ser activado incluso en un Tren en estado de reposo, y transmitir al sistema CBTC la señal de activación con el identificador del dispositivo activado, de tal forma que el Tren pueda ser despertado por el CCO;
- El accionamiento del dispositivo deberá activar el interfono asociado a la puerta respectiva y una cámara que muestre automáticamente la puerta involucrada en las consolas del CCO;

- En todos los modos de conducción, la activación del dispositivo tendrá como consecuencia lo siguiente:
 - si el Tren está detenido en una estación, el dispositivo deberá bloquear el Tren en la estación, abrir las puertas y mantenerlas en este estado;
 - si el Tren está en movimiento, debe seguir su recorrido hasta la próxima estación y, al detenerse, debe desbloquear las puertas, abrirlas y mantenerlas abiertas;
 - la activación del dispositivo de señal de alarma deberá ser grabada en el dispositivo de grabación del Tren.
- En caso de activación, el dispositivo deberá poder ser rearmado desde el CCO o localmente desde la consola por el personal autorizado y, opcionalmente, de forma automática.

[END]

4.12.9 Dispositivo de Liberación de las Puertas en Emergencia

[ID BOG MRO 151];

Cada puerta deberá tener un dispositivo de liberación adyacente para ser usado en casos de emergencia, que deberá cumplir con las siguientes características:

- El dispositivo deberá permitir la liberación y posterior apertura manual de las puertas;
- La apertura manual de las puertas deberá permitirse únicamente cuando el Tren esté completamente detenido;
- Si el Tren está detenido en una estación, la activación del dispositivo bloqueará el Tren en esa estación y liberará las puertas del lado de la plataforma;
- Si el Tren está en movimiento, deberá seguir su recorrido hasta su parada en la próxima estación; en este caso, el sistema CBTC solamente deberá liberar las puertas del lado de la plataforma;
- Si el Tren se detiene en inter-estación y el dispositivo es activado, el sistema CBTC solamente deberá liberar las puertas del lado del pasillo de evacuación;
- En caso de activación del dispositivo en una puerta ubicada del lado de la entrecía, las puertas de ese lado se mantendrán cerradas y el sistema CBTC solamente deberá liberar las puertas del lado de la plataforma o del pasillo de evacuación;
- El dispositivo deberá quedar alimentado durante, por lo menos, 10 horas con las baterías del Tren, de tal forma que pueda ser activado incluso en un Tren en estado de reposo, y transmitir al sistema CBTC la señal de activación con el identificador del dispositivo activado, de tal forma que el Tren pueda ser despertado por el CCO;
- La liberación de las puertas deberá producirse solamente si se dan las siguientes condiciones:
 - el freno de urgencia debe estar activado;
 - la corriente eléctrica del sistema de las puertas debe estar desconectada;
 - el sistema de tracción debe estar deshabilitado, de tal manera que no se permita el movimiento del Tren mediante el manipulador de tracción o desde el CBTC;
- El interruptor del dispositivo deberá estar ubicado detrás de una tapa de protección transparente, que evite activaciones innecesarias pero sea fácilmente removible en casos de emergencia;
- El rearme de este dispositivo deberá poder realizarse por medio de la llave de servicio de los operarios;

Handwritten marks: a large circle, the letters "SE", and a signature.

- Independientemente de la ubicación del Tren, la información de la puerta del Coche donde fue accionado el dispositivo deberá ser visualizada en el CCO a través de una alarma, y en la pared vídeo (TCO) mediante el sistema CCTV; además, el interfono cercano al dispositivo accionado deberá conectarse automáticamente con el operador del CCO.

Relación entre el Dispositivo de Señal de Alarma y el Dispositivo de Liberación de las Puertas en Emergencia

Los dispositivos de señal de alarma y de liberación de las puertas en emergencia deberán ser dos sistemas independientes, de tal forma que se usen dos comandos diferentes para su activación, y que las fallas en uno de los dispositivos no afecten el otro.

[END]

4.12.10 Enclavamiento de las Puertas y Seguro de las Puertas

[ID_BOG_MRO_152];

Cada puerta deberá tener al menos un interruptor de seguridad incorporado en el circuito de comando, que tenga las siguientes características:

- Debe activarse al cerrar las puertas;
- Debe garantizar que la respectiva puerta fue cerrada y enclavada;
- Si el interruptor no confirma que la puerta fue debidamente cerrada y enclavada, debe inhibir el movimiento del Tren;
- Debe comunicar de forma continua al sistema CBTC el estado del enclavamiento de la puerta;
- Deberán cumplir con las normas IEC 60947, IEC 60068, IEC 60269 e IEC 60623, certificadas por el fabricante; el concesionario deberá entregar en sus Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante la respectiva certificación.

[END]

4.12.11 Detección de obstrucción

[ID_BOG_MRO_153];

Las puertas deberán cumplir con los siguientes requisitos mínimos para la detección de obstrucciones:

- Deberán cumplir con la norma UNE-EN 14752;
- Al haber un obstáculo, deberán:
 - detener brevemente su movimiento y regresar a su posición de apertura, para permitir el retiro del obstáculo;
 - intentar un nuevo el cierre durante 3 veces; si después de esos intentos no ha sido retirado el obstáculo, las puertas se pondrán fuera de servicio quedando en la posición de totalmente abiertas, manteniendo el Tren detenido;
 - una vez que la puerta se ha puesto en posición de fuera de servicio, para reiniciar el procedimiento de cierre se requerirá que un operador informe al CCO que el obstáculo ha sido retirado, de tal manera que el CCO reinicie dicho procedimiento;
 - si la puerta no ha podido completar el procedimiento de cierre debido a una falla, deberá ser posible que el operador respectivo aisle y enclave la respectiva puerta, e informe al CCO para que el Tren pueda reiniciar su operación;

[Handwritten signatures and marks]

- la información correspondiente a las acciones anteriores deberá ser transmitida al CBTC.

[END]

4.13 Sistema de Ventilación

[ID_BOG_MRO_154];

Cada Coche deberá tener un sistema de ventilación forzada que cumpla con las siguientes características:

- Deben ser de tipo compacto e instalarse como unidades en el techo de los Coches;
- Deberá ser diseñado para operar regularmente con una carga EL 6, y deberá poder adaptarse automáticamente considerando las temperaturas exteriores e interiores, para mantener un ambiente fresco;
- Deberá producir un flujo de aire de por lo menos 5328 m³/h/Coche considerando una carga de EL 6; los demás parámetros tales como velocidad, humedad, etc., deberán cumplir con la norma EN 14750-1;
- En cada Coche, la renovación de aire tendrá que ser de por lo menos 18 m³/h/pasajero considerando una carga de EL 6;
- Deberá tener filtros que eviten la entrada al sistema de ventilación de partículas de polvo y otras partículas en suspensión en el aire; estos filtros deberán ser de fácil acceso y deberán permitir su recambio rápido, esto es, sin necesidad de desmontar otros elementos distintos a sus tapas protectoras;
- Deberá garantizar una convección y distribución del aire homogéneas, de tal manera que elimine la formación de pared térmica;
- Deberá cumplir con los niveles máximos de ruido admisibles para el nivel de ruido al interior del Coche, de conformidad con lo definido en la sección de requerimientos de ruido y vibraciones de este Apéndice Técnico;
- El sistema de ventilación deberá ser controlado a través del CBTC, con regulación automática con mínimo tres pasos de velocidad, y se deberá poder apagar a través de un conmutador sellado en la consola de conducción; adicionalmente, cada Coche deberá estar equipado con un conmutador de aislamiento del sistema de ventilación, accesible solamente para personal autorizado;
- Debe poder funcionar en modo degradado, con la alimentación de las baterías del Tren, durante al menos 45 minutos, en condiciones de carga EL 6;
- Debe tener un dispositivo que registre el consumo de energía del sistema de ventilación encendido, con capacidad de memoria suficiente para almacenar los registros de por lo menos una semana;
- Deberá tener un sistema de detección de humo que cumpla con las siguientes características:
 - En caso de detección de humo en el exterior del Tren, debe cortar la entrada de aire exterior, de tal forma que el sistema recircule el aire del interior de cada Coche;
 - En caso de detección de humo al interior del Coche, el sistema deberá asegurar la extracción del humo hacia el exterior del Coche;
- Deberá enviar una alarma al sistema CBTC en caso de falla;

Handwritten marks: a large circle, the letters "le", and a signature.

- El Concesionario deberá entregar en la fecha prevista en el Programa de Pruebas los resultados de las pruebas y ensayos del sistema de ventilación, las cuales deben realizarse bajo la norma EN 14750-2.

[END]

4.14 Energía de Tracción 750 V cc

4.14.1 Captación de Energía en la Vía

[ID_BOG_MRO_155];

La alimentación para la tracción del Tren se debe realizar mediante un tercer riel y frotadores de contacto que rocen contra éste para hacer el contacto eléctrico. Los circuitos de alimentación del Tren deben cumplir con los siguientes requisitos:

- La línea de alimentación del Tren deberá permitir una entrega permanente de tensión de 750 V cc a todos los convertidores estáticos, aún si falla algún frotador de contacto;
- Cada bogie motor deberá tener al menos un frotador de contacto positivo a cada lado; la localización de los frotadores de captación a lo largo del Tren debe garantizar que no exista pérdida total o parcial de la energía de tracción o auxiliar a bordo del Tren, en ninguna sección de la línea principal ni de las vías del Patio-Taller. La anterior Especificación Técnica no aplica para la vía de la máquina de lavado, de las vías del taller de mantenimiento, de la vía del torno en foso y de la vía de lavado intensivo;
- La localización de los frotadores de contacto a lo largo del Tren, deberán garantizar que no exista pérdida total o parcial de la energía o del desempeño de tracción o auxiliar a bordo del Tren en cualquier sección de la línea principal, ramal técnico y vías del Patio-Taller. La anterior especificación no aplica para la vía de la máquina de lavado, de las vías del taller de mantenimiento, de la vía del torno en foso y de la vía de lavado intensivo;
- Los frotadores de contacto y los fusibles se deberán organizar para prevenir cualquier arco con partes metálicas del Coche o del bogie conectadas a tierra; deben utilizarse protectores de arcos que cumplan con la norma IEC 60077-1;
- El circuito de alimentación 750 V cc de cada Coche deberá ser protegido por limitadores de corriente, tipo fusible de cartucho arco-confinado, capaces de soportar la corriente máxima del Coche de forma indefinida;
- Todos los equipos frotadores de captación deberán ser identificados, independientemente del tipo de coche donde están instalados.

[END]

4.14.2 Frotador de Contacto

[ID_BOG_MRO_156];

Los frotadores de contacto deberán cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

- Deben soportar la carga eléctrica de los equipos auxiliares y del equipo de tracción, en la gama completa de velocidades y de condiciones de funcionamiento, así como durante condiciones de emergencia;
- Deben aplicarse debajo del tercer riel mediante un actuador neumático, que lo mantenga en posición; ante la ausencia de aire comprimido, el respectivo frotador debe

desconectarse automáticamente mediante un resorte; el sistema debe poder ser controlado a través del CBTC;

- La presión de los frotadores de contacto deberá garantizar el contacto con el tercer riel en cualquier punto de la línea principal, incluso en el Patio-Taller, de forma constante y sin generación de arco eléctrico;
- Deberán contar con los siguientes mecanismos y requisitos de seguridad, para el caso de intervención de los frotadores de contacto:
 - deberán contar con un mecanismo accesible desde el nivel de la vía, que permita liberar el frotador mediante la contracción manual del resorte a través de una palanca mecánica aislada eléctricamente;
 - deberá contar con un mecanismo que impida intervenir los frotadores de contacto cuando hay presencia de energía de tracción o circuitos auxiliares activados;
- Deben ser compatibles con las características del tercer riel;
- Deben incluir un brazo que establezca un punto débil, diseñado para romperse si se encuentra una obstrucción; para tal efecto, el concesionario debe especificar en los Estudios de Diseño Principales del Material Rodante la energía mínima del impacto para que se rompa el brazo del frotador, de tal forma que dé cumplimiento a los objetivos RAM definidos en el Apéndice Técnico 9;
- La cabeza del frotador deberá ser diseñada con el material adecuado para alcanzar la masa principal mínima y masa y fricción dinámicas eficaces, para alcanzar un funcionamiento óptimo en todos los usos, de tal forma que respete los objetivos RAM del material rodante definidos en el Apéndice Técnico 9;
- Los frotadores deberán contar con una vida útil que permita su cambio por desgaste sin interferir con el cumplimiento de los objetivos RAM y de los indicadores de operación y mantenimiento; el concesionario deberá indicar esta vida útil en los Estudios de Diseño de Detalle Principales del Material Rodante;
- El equipo y montajes de los frotadores de contactos deberán ser idénticos, independientemente del bogie en el cual sean montados;
- El reemplazo de los frotadores de contacto deberá poder ser fácilmente realizable por los operadores de mantenimiento, en un tiempo mínimo, de tal forma que se respeten los objetivos RAM del material rodante definidos en el Apéndice Técnico 9, y sin necesidad del uso de herramientas especiales;
- Deberá ser posible examinar fácilmente las cabezas de los frotadores in situ, sin necesidad de quitar o de desmontar otros elementos.

[END]

4.15 Convertidores estáticos

4.15.1 Características de los Convertidores Estáticos

[ID_BOG_MRO_157];

La energía eléctrica para los diversos sistemas y circuitos auxiliares del Tren deberá ser suministrada por convertidores estáticos, que deberán cumplir con la norma EN 61287 y los siguientes requisitos:

- Deberán tener funcionamiento independiente para que, en caso de avería de uno de ellos, el o los otros sigan operando normalmente;



- El criterio de falla de los convertidores estáticos debe ser n-1, de tal manera que en caso de falla de alguno de los convertidores, los que queden funcionando deberán asumir automáticamente el 100 % de la carga del convertidor averiado y no se generará ningún impacto negativo en la normal operación del Tren, de tal forma que respete los objetivos RAM del Material Rodante definidos en el Apéndice Técnico 9;
- Los convertidores deberán tener la capacidad de asumir las condiciones más duras de trabajo, esto es, deberán tener la capacidad de absorber los picos de corriente generados en la conexión y desconexión de los equipos que alimentan, con todos los consumos funcionando simultáneamente a plena carga, sin que la tensión o frecuencia de salida salga de los márgenes de tolerancia admisibles por los equipos embarcados ($440 \text{ Vca} \pm 5 \%$, $208 \text{ Vca} \pm 5 \%$, $110 \text{ Vca} \pm 5 \%$, $60 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ Hz}$ y 110 Vcd);
- El consumo del convertidor no deberá sobrepasar el 80% de su capacidad de diseño, certificada por el fabricante; esta certificación deberá ser entregada por el concesionario con los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante;
- El encendido y paro del convertidor estático deberán depender de la presencia o ausencia de la tensión 750 V cc, pero los efectos generados por cualquier interrupción en la tensión 750 V cc no deberán tener consecuencia alguna en el funcionamiento del convertidor, en los términos de la norma EN 61287 ;
- Los pasajeros no deben notar ninguna perturbación, cuando el Tren pase por algún cambio de vía o atraviere una sección del tercer riel sin alimentación 750 V cc;
- Deberán poder funcionar de igual forma sin carga o con carga máxima; las cargas deberán poder ser conectadas o desconectadas, sucesivamente, sin importar cuál sea el orden;
- Si durante el funcionamiento normal se interrumpe la conexión de la batería, por ejemplo, por la fusión del fusible, el convertidor deberá poder continuar funcionando como fuente de alimentación;
- Deberán poder soportar durante su funcionamiento las anomalías que se presentan comúnmente en este tipo de operaciones, tales como:
 - sobrecargas instantáneas;
 - caídas repetidas de tensión;
 - sobretensiones;
 - anomalías causadas por las subestaciones;
- Los convertidores estáticos auxiliares deberán ser alimentados de forma independiente; cada convertidor auxiliar se deberá conectar al circuito de alimentación 750 V cc a través de un dispositivo independiente de aislación de falla principal, el cual automáticamente deberá aislar el sistema en caso de cualquiera de las siguientes fallas:
 - sobrecargas actuales;
 - sobretensión de salida;
 - frecuencia de salida fuera del rango;
- Deberán soportar el rango de suministro de tensión completo desde 600 V cc hasta 900 V cc, y aún poder mantener las salidas de tensión requeridas para el correcto funcionamiento de todos los sistemas auxiliares del Tren;
- No deberán sufrir ningún daño en caso de que el suministro de voltaje de tracción exceda su rango de producción;

12

El Concesionario deberá incluir los cálculos precisos del consumo de energía auxiliar en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante.

[END]

4.15.2 Montaje y Construcción

[ID_BOG_MRO_158];

Los cofres de los convertidores estáticos deberán ser sostenidos mediante bastidores de sustentación, los cuales deberán estar conectados a los bastidores de los Coches.

Los cofres deberán ser resistentes a las tensiones mecánicas, estáticas y dinámicas que se presenten durante la operación, de tal forma que permitan que el Concesionario cumpla con los objetivos RAM; además, los cofres deberán ser totalmente herméticos al polvo y al agua. La estructura de los cofres deberá estar conectada a tierra.

Las puertas de los cofres deberán permitir un acceso total, tal que se cumplan las condiciones de mantenibilidad definidas en el Apéndice Técnico 9.

Los convertidores deberán permitir su enfriamiento de forma natural o por medio de un sistema de refrigeración forzada.

[END]

4.16 Baterías

[ID_BOG_MRO_159];

El Concesionario deberá instalar en cada Tren los bancos de baterías necesarios para que el Material Rodante cumpla con los requisitos de desempeño señalados en este Apéndice Técnico, y con los objetivos RAM definidos en el Apéndice Técnico 9. Los bancos de baterías deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Deberán estar formados por celdas recargables de níquel-cadmio conectadas en serie;
- Deberán conectarse en paralelo a los circuitos del Tren que lo requieran;
- Su carga deberá efectuarse mediante el convertidor estático que alimentará la entrada del cargador de baterías;
- En condiciones normales, los bancos de baterías deberán alimentar las cargas del Tren; un solo banco deberá tener capacidad de absorber, de forma automática, la carga de seguridad de un Tren completo, en caso de alguna falla en los demás bancos de baterías;
- Un solo banco de baterías cargado a 3/4 de su capacidad nominal, deberá tener capacidad para alimentar los sistemas de seguridad del Tren (como mínimo puertas, frenos, CBTC, ventilación, alumbrado de emergencia y equipos de comunicación) durante un mínimo de 60 minutos, en el caso de que los convertidores estáticos no suministren energía eléctrica a dicho banco;
- Los elementos que los conforman deberán ser totalmente intercambiables y las baterías recargables con agua destilada durante el mantenimiento, por medio de un sistema de llenado externo centralizado y protegido;
- Cada banco de baterías se deberá ubicar en un chasis que cumpla con los siguientes requisitos:
 - debe permitir colocar varios acumuladores asegurando su protección y fijación, y facilitando su mantenimiento;

Handwritten marks: a large circle, the number 12, a stylized signature, and the letter 'e'.

- deberá tener un sistema que permita su deslizamiento hacia el exterior, para la inspección o cambio de celdas y otros elementos del banco de baterías;
- el chasis y los conectores deberán estar protegidos contra la corrosión del electrolito, y tener un sistema de drenaje en su fondo que impida la acumulación de agua y humedad;
- el Concesionario deberá garantizar que el chasis y los conectores no sufrirán deformaciones durante su vida útil;
- las agarraderas o platinas de manipulación deberán proporcionar una fijación firme, que asegure que los elementos se mantengan en el interior del banco;
- las baterías deberán estar perfectamente aisladas del chasis, y situadas de tal forma que tengan una ventilación suficiente, para evitar la acumulación de gases;
- las baterías deberán suministrar un nivel de voltaje permanente de 110V cc. El nivel de tensión deberá garantizar el control y la seguridad en las operaciones independientemente del estado de alimentación de energía general desde el tercer riel.
- los recipientes de las celdas del banco de baterías deberán ser fabricados conforme a la norma UL 94V-O;
- La marcación, designación, dimensiones, ensayos y requisitos para los elementos individuales de los bancos de baterías, deberán cumplir con la norma EN 60623;
- Las baterías deberán tener un sistema de control de carga permanente con protección de sobrecarga;
- Los bancos deberán ser fácilmente accesibles, de forma tal que se cumplan los requerimientos de mantenibilidad definidos en el Apéndice Técnico 9;
- Las baterías y los convertidores estáticos deberán operar como un sistema de alimentación de energía ininterrumpida para el Tren, de tal manera que en el caso de pérdida de la energía primaria, no se produzca ningún tipo de corte de energía de baja tensión en el Tren, para alimentar los sistemas de seguridad del Tren (como mínimo puertas, frenos, CBTC, ventilación, alumbrado de emergencia y equipos de comunicación);
- Todas las cargas conectadas a las baterías deberán estar protegidas de cualquier conmutación u otros estados transitorios, y no deberán verse afectadas por la variación de los voltajes de suministro;
- La capacidad de las baterías deberá ser dimensionada para que el Tren pueda despertarse después de mínimo 96 horas sin recarga.

[END]

4.17 Equipos de tracción y frenado

4.17.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_160];

El objetivo fundamental de estos equipos será cumplir con las exigencias de tracción y frenado establecidas en el presente Apéndice Técnico, con el mayor ahorro energético posible, y dando cumplimiento a los objetivos RAM. Los equipos de tracción y frenado deberán cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

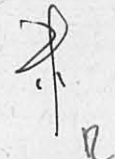
- Deberá funcionar con una tensión nominal de 750 V cc, sobre una playa de 600 a 900 V cc, sin alteración de sus desempeños;

Handwritten marks: A large 'e' and a large 'f' with a circle around it, and a large 'O'.

- El Tren deberá tener equipos de tracción constituidos por motores asíncronos onduladores con tecnología basada en IGBT (inversores), contactores de seccionamiento, disyuntor, electrónica de control con base en microprocesadores, filtro de entrada y elementos auxiliares conectados directamente a la línea de 750 V cc.;
- El sistema eléctrico de tracción y frenado deberá garantizar que el Tren pueda recorrer vías con pendiente máxima de 4 % en tramos con una longitud de hasta 1000 metros;
- Los motores deberán tener una conexión permanente en paralelo en cada Coche motriz; por consiguiente, se deberá instalar en cada coche motor un interruptor extra rápido para alimentar y proteger los circuitos de toda la unidad;
- El frenado eléctrico deberá ser de recuperación y reostático, según la capacidad receptiva de la línea eléctrica, conmutándose automáticamente de uno a otro con la mínima influencia cinemática, en cualquier momento de la fase de frenado;
- El freno de servicio deberá ser eléctrico y deberá estar concebido para obtener la máxima recuperación de energía, de tal manera que envíe al tercer riel toda la energía eléctrica que éste admita durante el frenado eléctrico;
- El frenado reostático deberá poder disipar hasta el 100% de la energía máxima procedente del frenado eléctrico, manteniéndose alternativamente el frenado de fricción (con accionamiento neumático);
- Las resistencias de frenado reostático de cada circuito de tracción deberán disipar solamente la energía generada por ese circuito, y no la de otros circuitos del Tren;
- La generación de calor por el frenado reostático no deberá incidir en el funcionamiento de los demás equipos que se encuentren a su alrededor, y tampoco deberán transferir calor al salón de pasajeros;
- La sustitución del frenado eléctrico por el frenado mecánico deberá realizarse siempre por debajo de 5 km/h, para aprovechar al máximo el frenado eléctrico recuperativo y la vida útil de los discos y pastillas del freno mecánico;
- El equipo deberá ser comandado por señales generadas por el CBTC o por el manipulador de las consolas de conducción manual;
- En modo UTO, el Tren recibirá del CBTC una consigna de tracción o frenado que será repartida entre los Coches motrices, de acuerdo al estado de la carga y los equipos de tracción disponibles;
- Deberá instalarse un dispositivo de acceso exclusivo para el personal de mantenimiento, que permita la anulación del frenado eléctrico;
- El freno mecánico de fricción (con accionamiento neumático) debe tener la capacidad de sustituir automáticamente y con el mismo esfuerzo total, el freno eléctrico, en caso de falla del freno eléctrico, o a baja velocidad del Tren; este sistema deberá asegurar que ningún Coche quede sin freno en ninguna circunstancia; el Concesionario deberá establecer en los Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante el método seleccionado para tal fin;
- Los materiales utilizados deberán ajustarse a las exigencias de resistencia al fuego y emisión de humos contenidas en las normas EN 45545;
- El sistema eléctrico de tracción y frenado deberá incorporar un sistema antideslizamiento y anti patinaje, que garantice el cumplimiento de los requisitos de aceleración y frenado señalados en el apartado de Requerimientos Operativos Básicos del Material Rodante del presente Apéndice Técnico.

[END]

Q 12



4.17.2 Tracción

[ID_BOG_MRO_161];

Los equipos de tracción deberán tener capacidad para funcionar bajo todas las condiciones que se puedan encontrar en la operación, tales como situaciones de tracción máxima, frenado continuo, pérdida de velocidad, tracción y frenado en pendientes de 4 % con carga máxima (EL 8), sin sufrir daños.

[END]

4.17.2.1 Propulsión

[ID_BOG_MRO_162];

El sistema de propulsión del Tren deberá cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Deberá proporcionar el nivel de adherencia requerido para que el Tren pueda sortear pendientes de hasta 4 %, incluso en manera degradada de la motorización;
- La propulsión del Tren deberá ser lograda mediante un sistema de transmisión de CA consistente en un sistema VVVF (frecuencia variable del voltaje variable), usando inversores de tipo IGBT, con tecnología de motores de tracción asíncronos trifásicos de CA, con control por ordenador; el sistema electrónico deberá adecuarse a la norma IEC 60571;
- Las máquinas rotativas deberán cumplir con la norma IEC 60349 1/2/3;
- Deberá garantizar que el control de los motores de los bogies se haga de manera independiente, por cada bogie, de tal forma que en caso de falla de un bogie, éste no afecte el funcionamiento del otro bogie del Coche.

[END]

4.17.2.2 Sistema de Enfriamiento

[ID_BOG_MRO_163];

Todos los componentes del sistema de tracción deberán enfriarse con aire, para lo cual deberán utilizarse filtros que garanticen que al sistema de tracción no entren partículas de polvo, otras partículas en suspensión en el ambiente, ni agua; el sistema de tracción no deberá utilizar líquidos para su enfriamiento; el sistema de enfriamiento debe cumplir con la norma IP65.

El Concesionario deberá incluir en sus Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante las características de enfriamiento, con indicación de las temperaturas máximas previstas, márgenes de funcionamiento y coeficiente de seguridad.

En el caso de requerir ventilación forzada, ésta deberá estar basada en ventiladores alimentados con corriente alterna. El Concesionario incluirá en sus Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, las necesidades de mantenimiento, características de funcionamiento, protecciones y repuestos.

[END]

4.17.2.3 Disyuntor ultra rápido

[ID_BOG_MRO_164];

El equipo de tracción deberá contar con un disyuntor extra rápido, el cual deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Tener capacidad suficiente para la alimentación y protección del circuito de potencia;
- En los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, el concesionario definirá las condiciones bajo las cuales se cortará el suministro de corriente al sistema de tracción, ante eventos de sobretensión y sobre corriente;
- Así mismo, en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, el Concesionario deberá definir los tiempos de apertura y corte con base en los cuales funcionará el disyuntor ultra rápido. La velocidad de apertura deberá impedir que se dañe alguno de los aparatos de tracción, si llegare a ocurrir alguna falla eléctrica;
- El disyuntor deberá contar con un equipo de control, que permita ejecutar automáticamente su reconexión. En los Estudios y Diseños de Detalle Principales, el Concesionario deberá definir el número máximo de intentos de reconexiones que realizará el disyuntor ante cada evento de falla, incluyendo el sistema de auto diagnóstico;
- El disyuntor propuesto por el concesionario deberá haber sido usado en, al menos, tres proyectos ferroviarios diferentes, de acuerdo con la certificación del fabricante que entregue con los Estudios y Diseños de Detalles Principales del Material Rodante;
- El Concesionario deberá entregar junto con los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, un certificado del fabricante que acredite la realización exitosa de ensayos de ruptura;
- El disyuntor deberá tener un indicador en el cual se muestre su estado (energizado [uno] o desenergizado [cero]), a través del cual se identificará si se pueden realizar intervenciones en el Tren;
- Los disyuntores deberán ser de mando electromagnético;
- Las conexiones de alta tensión y los demás equipos y componentes del sistema de tracción, deberán tener protección contra agentes exteriores, mediante tapas herméticas de material plástico, transparente e ignífugo;
- Los contactos principales y auxiliares del disyuntor deberán estar ubicados de forma tal que no sea necesario desmontar otros elementos para su revisión y limpieza sistemática;
- Las cámaras de extinción de arco no deberán ser de amianto (asbesto) y deberán estar ubicadas de forma tal que no sea necesario desmontar otros elementos para el retiro de la cámara, y posterior revisión de los contactos principales;
- Todos los dispositivos mecánicos de corte, de conmutación y de aislamiento del disyuntor deberán estar ubicados en un mismo recinto;
- El desmontaje completo del disyuntor deberá poder realizarse sin que sea necesario desmontar otros elementos o equipos adyacentes;
- Los mandos del disyuntor de los aparatos electromecánicos deberán alimentarse de la tensión de las baterías y deberán trabajar en los rangos de tensión establecidos por el fabricante;
- Los contactos y circuitos auxiliares del disyuntor, deberán estar aislados del circuito principal de alta tensión;

- El disyuntor deberá tener un dispositivo de protección que impida intervenciones en el mismo, mientras no esté desconectado de la energía eléctrica o no se haya descargado el condensador del filtro; para estos efectos, el tiempo de descarga del condensador del filtro de 750 a 50 V cc deberá ser inferior a 60 segundos, contados a partir del momento en que se apague el Tren.

[END]

4.17.3 Freno

4.17.3.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_165];

El Tren deberá estar provisto de sistemas de freno eléctrico (del tipo reostático y regenerativo) y mecánico (del tipo neumático y de inmovilización mediante resortes). La fuerza de tracción deberá ser eliminada de todo el Tren durante la aplicación de los frenos.

El frenado regenerativo deberá operar siempre que el tercer riel esté alimentado con su tensión nominal.

El frenado regenerativo deberá poder inhibirse dando cumplimiento al procedimiento y requisitos descritos por el Concesionario en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante.

Con excepción del frenado de urgencia (FU), el cual deberá realizarse sólo con los frenos mecánicos, todo frenado de servicio deberá efectuarse combinando el freno eléctrico y el mecánico, lo cual será controlado por el CBTC, de manera inteligente, con el fin de lograr el mayor uso posible del frenado eléctrico.

El uso de los frenos mecánicos deberá distribuirse de tal modo que entre los Coches motrices y remolques se optimice la utilización de la adherencia disponible y se utilicen los frenos de una manera que se evite el ruido y el endurecimiento de superficies.

La estrategia de control del frenado deberá obligar al Tren a frenar siempre que el freno sea requerido, ya sea por el sistema CBTC o por el operador. En caso de que el CBTC o el operador comande cualquier grado de frenado y el Tren no responda al requerimiento, el Tren deberá actuar bajo el criterio de seguridad intrínseca y comandar un freno de urgencia irreversible.

El Concesionario deberá entregar en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante lo siguiente para el freno eléctrico:

- La curva de potencia en regeneración versus la velocidad para un Tren completo: y (kW) x (km/h) o %;
- Corriente máxima de regeneración.

[END]

4.17.3.2 Frenado de Servicio Operacional

[ID_BOG_MRO_166];

El frenado de servicio deberá regularse continuamente, sin escalones, en función de la carga medida y no deberá producir un *jerk* mayor al *jerk* de frenado de servicio señalado en el apartado de Requerimientos Operativos Básicos del Material Rodante.

El frenado de servicio operacional deberá ser una combinación del uso del freno eléctrico y del freno mecánico. El uso del freno eléctrico deberá tener prioridad sobre el uso del freno mecánico; el uso de la capacidad del frenado de servicio se realizará para lograr cualquier índice de frenado. El sistema deberá permitir la utilización del freno eléctrico al grado máximo posible, con el fin de reducir el desgaste del freno mecánico. Durante la desaceleración completa, el freno eléctrico deberá proporcionar un esfuerzo de al menos 9/10 del freno de servicio máximo.

En caso de falla del freno regenerativo, el freno reostático o, en su defecto el freno mecánico, si corresponde, deberán ser capaces de proporcionar el valor del esfuerzo de frenado preseleccionado, sin introducir un retardo importante en la actuación.

El funcionamiento de todos los sistemas de freno deberá ser monitoreado permanentemente y cualquier condición anormal deberá ser señalizada en el CBTC .

El freno de servicio deberá ser comandado por bogie de manera independiente, de forma electroneumática, de accionamiento directo y graduable.

[END]

4.17.3.3 Frenado de Urgencia

[ID_BOG_MRO_167];

El freno de urgencia deberá cumplir con las siguientes características mínimas:

- Los frenos mecánicos deberán garantizar el frenado de urgencia (FU) bajo cualquier condición de operación;
- El freno de urgencia deberá tener capacidad para, en cualquier condición de operación en seguridad, proporcionar por lo menos dos frenados de urgencia consecutivos desde la velocidad máxima del Tren, con carga de afluencia (6 Pax/m²), en cualquier sector del trazado, y con el equipo de freno de un bogie fuera de servicio; debe tener capacidad para realizar uno de estos frenados de urgencia (FU) en una pendiente de 4 %;
- El freno de urgencia debe ser comandado por bogie de forma electroneumática , de accionamiento inverso al control eléctrico y redundante;
- Al accionar el frenado de urgencia, el freno eléctrico tanto regenerativo como resistivo deberá quedar aislado;
- Al aplicar el frenado de urgencia, no deberá existir limitación de Jerk.

[END]

[ID_BOG_MRO_168];

El Tren deberá tener capacidad de realizar por lo menos los siguientes tipos de FU:

- FU con manipulador desde la consola en servicio;
- FU con manipulador desde la consola neutralizada;
- FU por conmutador (KFU) consola en servicio;
- FU por conmutador (KFU) consola neutralizada;
- FU vigilancia de presión;

- FU modo de conducción (sin modo de conducción seleccionado);
- FU por discordancia (en sentido de marcha, tracción-freno, otros);
- FU por consigna (incoherencia en señales de tracción y frenado);
- FU por UTO;
- FU por sobre velocidad;
- FU causa indeterminado.

[END]

4.17.3.4 Frenado de Inmovilización

[ID_BOG_MRO_169];

El freno de inmovilización podrá ser de resorte u otro sistema que el Concesionario defina en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante y deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Deberá activarse o desactivarse a través de un dispositivo electro neumático del tipo inverso y redundante, en condiciones normales desde el CBTC o desde la consola de conducción; esta operación deberá actuar sobre todos los frenos de inmovilización del Tren;
- En caso de falla en la desactivación del freno de inmovilización, deberá poder desactivarse manualmente desde el bogie con un mecanismo de fácil acceso que se pueda accionar desde ambos lados del Coche;
- Los diferentes estados de cada uno de los frenos de inmovilización -aplicado, desaplicado y aislado-, deberán mostrarse en la pantalla de la consola de conducción y además esta información será entregada al sistema CBTC;
- El frenado de inmovilización deberá tener capacidad para fijar el Tren en condiciones de carga EL 8, garantizando la inmovilización indefinidamente en una vía con gradiente de 4 %, aún con el freno de inmovilización de un Coche liberado; para comprobar esta capacidad, se hará la prueba durante una hora;
- La lógica de control contemplará la vigilancia del estado de los frenos de inmovilización; el Tren no podrá iniciar su marcha estando los frenos de inmovilización o alguno de ellos aplicado;
- Los frenos de inmovilización deberán tener protección eléctrica local e independiente.

[END]

4.17.3.5 Frenado de Parada

[ID_BOG_MRO_170];

Durante las paradas del Tren en estación, el Tren deberá detenerse mediante el freno de parada, el cual estará asegurado por el freno mecánico, gestionado por el sistema de control del Tren, aplicado a 0 km/h, y cuando no hay referencia de par de los motores de tracción.

En cuanto haya referencia de par a los motores de tracción, el sistema de control del Tren deberá controlar automáticamente la liberación del freno de parada.

De acuerdo con la norma EN 13452, el freno de parada deberá tener capacidad para, siendo usado en el modo operacional, impedir que el Tren se mueva en la condición de pendiente máxima (4 %) y con un viento desfavorable de 100 km/h. Esto para evitar los retrocesos en las paradas en pendiente.

[END]

4.17.3.6 Resistencia de Freno

[ID_BOG_MRO_171];

Las resistencias de freno deberán estar diseñadas para un régimen de servicio ferroviario y deberán tener capacidad para absorber el máximo posible del esfuerzo eléctrico regenerativo cuando, por cualquier causa, no hubiera frenado eléctrico. El sistema de instalación de las resistencias deberá permitir su desmonte en frío, sin que sea necesario desmontar otros elementos.

Las resistencias de potencia utilizadas en el equipamiento de frenado eléctrico deberán ser sometidas a pruebas tipo y serie normalizadas de acuerdo con lo indicado en la norma IEC 60322; la certificación del fabricante al respecto deberá ser entregada por el Concesionario en la fecha prevista en el Programa de Pruebas.

En los Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante el Concesionario deberá especificar lo siguiente con respecto a las resistencias:

- Su potencia;
- Su régimen de recuperación supuesto para el cálculo;
- Las medidas de protección previstas para que el calor disipado no afecte al recinto de pasajeros, a los usuarios en las plataformas, ni al personal de mantenimiento, previendo también el aislamiento y señalización adecuados;
- Su material de fabricación.

[END]

4.18 Transmisión de información y grabación a bordo

4.18.1 Transmisión de Información y Grabación a Bordo - Generalidades

[ID_BOG_MRO_172];

Los Trenes deberán contar con un dispositivo que permita detectar, medir, registrar, procesar, mostrar y transmitir los parámetros relacionados con el funcionamiento de sus equipos, de tal manera que sea posible conocer el comportamiento general del Tren, así como el de sus principales sistemas embarcados y, en caso de incidentes, determinar con exactitud las causas.

Cada Tren debe tener por lo menos una caja negra, que deberá consistir en un registrador electrónico múltiple, diseñado con base en un microprocesador, que tendrá como objetivo principal memorizar parámetros de funcionamiento de Tren.

La caja negra deberá contar con un puerto de comunicación a través del cual sea posible conectar un equipo portátil al sistema.

El dispositivo registrador o caja negra deberá cumplir como mínimo las siguientes características:

- Protección IP40;
- Temperatura según EN 50155, clase T3;
- Humedad relativa 95% para 30 días/año;
- Choque y vibración según EN 50155;
- Compatibilidad electromagnética según EN 50121-3-2;
- Resistencia al fuego según norma NF F 16-101, NF F 16-102, NF F 16-103.

La información que grabe la caja negra deberá permanecer guardada al menos 30 Días y el sistema deberá estar siempre grabando, aunque esté lleno, para lo cual deberá sobrescribir en la información más antigua, con lo cual se deben asegurar por lo menos 30 Días de información desde el momento que se quiere verificar alguna información en particular.

La información deberá poderse extraer y, al mismo tiempo, debe poderse enviar en tiempo real al sistema de mantenimiento.

El Concesionario deberá entregar el software que permite leer los archivos grabados.

[END]

4.18.2 Grabación en la caja negra para operación

[ID_BOG_MRO_173];

La caja negra deberá grabar durante la operación, por lo menos, la siguiente información:

- Estado de las puertas;
- Comandos de apertura y de cierre de puertas ejecutados;
- Estado de la señalización;
- Registros relacionados con la información al viajero;
- Fu aplicados, con identificación del tipo exacto de FU;
- Motricidad activa o inactiva;
- Señalización del enclavamiento y sostenimiento del cierre de puertas (monocup eléctrico);
- Autorización de tracción;
- Activación del dispositivo de hombre muerto;
- Velocidad adquirida;
- Distancia recorrida;
- Consola activa;
- Sentido de marcha;
- Posición dispositiva de modo de conducción.

[END]

4.18.3 Grabación para el mantenimiento

[ID_BOG_MRO_174];

La caja negra deberá grabar para el mantenimiento, por lo menos, la siguiente información:

- Preparación del Tren al inicio y al final de cada día de la operación comercial, hora y lugar;
- Ubicación física constante del Tren;
- Toma de mandos, sea automático o por operador, y consola líder en servicio;
- Hombre muerto aislado;
- Funcionamiento de puertas de pasajeros, local y total;
- Indicación de puertas cerradas y bloqueadas;
- Indicación de señal de apertura de puertas;
- Estado de la señal de alarma;
- Velocidad;
- Frenado de servicio en todos sus grados;
- Frenado de urgencia (todos los tipos);

- Aceleración y desaceleración;
- Indicación del dispositivo de señal de alarma accionado, hora y lugar del accionamiento, Coche;
- Registro de patinajes y bloqueos del bogie;
- Esfuerzo de frenado por bogie;
- Aplicación del freno de servicio;
- Estado de los frenos de inmovilización;
- Funcionamiento del grupo moto compresor;
- Funcionamiento suspensión neumática;
- Temperatura de funcionamiento los motores de tracción, del aceite de reductores;
- Funcionamiento y averías del CVS, tensión de ingreso, de salida etc.;
- Presencia de las redes de media tensión;
- Funcionamiento y averías del sistema de tracción;
- Funcionamiento del sistema de ventilación;
- Funcionamiento y averías del sistema del CBTC;
- Funcionamiento y averías del CCTV;
- Funcionamiento del sistema de comunicación con los pasajeros;
- Tensión del tercer riel (ingreso a los frotadores de contactos);
- Presostatos de la presión del aire comprimido;
- Estado de las baterías, sistema de carga.

[END]

4.19 Circuito eléctrico y electrónico

4.19.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_175];

Todos los componentes pertenecientes a circuitos electrónicos deberán responder a las especificaciones UIC e IEC señaladas en esta tabla. En la fecha prevista en el Programa de Pruebas, el Concesionario deberá entregar las certificaciones expedidas por el fabricante con respecto al control de calidad y cumplimiento de dichas normas técnicas por parte de los componentes y equipos electrónicos.

El control de tracción de cada Coche se deberá efectuar mediante un equipo controlado por microprocesadores, que deberá incorporar un auto diagnóstico de averías con las siguientes funciones de apoyo:

- Ayuda al mantenimiento del Tren por conexión con el equipo de monitoreo;
- Realización del auto prueba de demanda y de potencia reducida;
- Envío de los resultados al sistema de ayuda al mantenimiento;
- Visualización en la consola de conducción;
- Ayuda al mantenimiento local con una computadora portátil conectada al mando del equipo de tracción que permita visualizar los resultados de la auto prueba y configurar, visualizar y obtener diversos niveles de detalle de la información gráfica en la pantalla;
- Se adoptará una construcción modular con unidades funcionales, separadas entre ellas por categoría de cableados y conexiones independientes, procurando unificar los elementos funcionales.

[END]

4.19.2 Condiciones Generales de Funcionamiento

[ID_BOG_MRO_176];

Los equipos deben tener capacidad para dar servicio bajo las condiciones más extremas de operación y de clima en las que circularán los Trenes, así como para cumplir satisfactoriamente con las características de operación que se señalan en este Apéndice sobre tracción y frenado.

Para obtener las máximas ventajas de recuperación de energía, el sistema deberá contar con un equipo de control que vigile en todo momento la receptividad de la línea durante el frenado.

Para demandas de desaceleraciones mayores de las que pueda proporcionar el frenado eléctrico, el esfuerzo del frenado neumático complementará el frenado de todos los Coches.

La estructura de las cajas del interruptor de línea eléctrica, del ondulator IGBT, del reactor de filtro y de las resistencias empleadas deberán estar al mismo potencial del bastidor del Coche.

[END]

4.19.3 Influencia sobre las Instalaciones Eléctricas Exteriores

[ID_BOG_MRO_177];

El funcionamiento de los circuitos eléctricos y electrónicos del sistema de tracción no deberá afectar otros equipos del Tren, ni las instalaciones fijas, ni deberán afectarse por las influencias electromagnéticas del Tren, de acuerdo con lo previsto en la norma EN 50121.

El circuito eléctrico y electrónico deberá tener un filtro adecuado para evitar perturbaciones, constituido por un circuito LC, que proteja el circuito de potencia contra variaciones bruscas de la corriente y de la tensión. El condensador del filtro deberá estar formado por una disposición conveniente de condensadores herméticos, montados de tal manera que permitan evitar los esfuerzos generados por los cambios de temperatura a los cuales estén sometidos.

[END]

4.19.4 Equipo Eléctrico de Potencia y Auxiliares

[ID_BOG_MRO_178];

Los componentes eléctricos deberán ajustarse a los requisitos de la norma UIC 616-0.

Los equipos eléctricos deberán contar con un mecanismo de ventilación que permita su correcto funcionamiento, y evite la entrada de agentes exteriores tales como agua, humedad y polvo.

En los Estudios y Diseño de Detalle Principales del Material Rodante, el Concesionario deberá definir las características de todos los equipos de potencia y auxiliares, indicando, al menos, los siguientes datos:

- Función, tipo y fabricante del equipo;
- Características de tensión y de corriente;
- Tiempo de apagado;
- Características de sobrecarga intensidad – tiempo;
- Rango de frecuencia de trabajo previsto;

- Evidencia de que el sistema ha sido empleado exitosamente en sistemas de tracción correspondientes a por lo menos otros tres proyectos ferroviarios, que se encuentren en operación;
- Las características de enfriamiento de los equipos, con indicación de las temperaturas máximas previstas en los márgenes de funcionamiento y su coeficiente de seguridad.

[END]

4.19.5 Protecciones y Seguridades

[ID_BOG_MRO_179];

Los sistemas eléctricos deberán contar con dispositivos de medición y protección para monitorear el funcionamiento del equipo, activar los mecanismos de protección en caso de fallas, y facilitar su mantenimiento. Dichos dispositivos de medición y protección deberán cumplir con las siguientes características:

- Los detectores (micro disyuntores, etc.) Respectiveos deberán asegurar el aislamiento galvánico entre los circuitos de alta y baja tensión;
- Cualquier falla deberá ser eliminada o aislada por acción directa de los circuitos de control o de los disyuntores extra rápidos;
- Las averías del equipo de tracción deberán registrarse y grabarse, con una duración de grabación de al menos 30 días, y deberán transmitirse al sistema de mantenimiento embarcado;
- La protección de los circuitos electrónicos deberá vigilar la adecuada interpretación de los mandos, así como la respuesta de los equipos a los mismos; esta vigilancia se deberá realizar, al menos, sobre los siguientes parámetros: tensión de línea, corriente de línea, corriente de cada fase, corriente de motores, tensión de motores, y patinaje o deslizamiento de las ruedas;
- Debe emplearse un mecanismo de apertura y cierre que impida el acceso a una zona donde exista tensión de 750 V cc, sin que previamente se encuentre el dispositivo local aislado.

El Concesionario deberá indicar en los Estudios y Diseño de Detalle Principales del Material Rodante la siguiente información mínima con respecto a las protecciones:

- Los valores límite para la actuación de las protecciones;
- Las protecciones del equipo de tracción, las cuales deben ser de funcionamiento silencioso, sin huella exterior, recuperables y con una velocidad de funcionamiento que permita dar cumplimiento a las condiciones de servicio y a los objetivos RAM;
- En los Estudios y Diseño de Detalle Principales del Material Rodante, se deberá incluir una relación completa de todas las protecciones empleadas.

[END]

4.19.6 Cableados de alta y baja tensión

[ID_BOG_MRO_180];

Los cables eléctricos destinados a alimentar los diferentes equipos que se utilizarán en los Coches deberán tener capacidad suficiente para soportar la tensión y la corriente de los mismos, asegurando un servicio continuo y confiable.

Los conductores del cableado de alta y baja tensión, así como su aislamiento, deberán cumplir con las normas EN 50264, EN 50306 (BT), EN 50382 (AT).

La cubierta aislante de los conductores deberá ser libre de halógeno, y deberá tener las características mecánicas, eléctricas y químicas que permita cumplir con las condiciones de operación señaladas en las Especificaciones Técnicas, dando cumplimiento a los objetivos RAM.

Los cables del Tren deberán funcionar sin interferencias electromagnéticas; para tal efecto, el Concesionario deberá blindar contra estas interferencias los cables que así lo requieran; la respectiva cubierta del aislamiento deberá indicar, como mínimo, los siguientes datos: tensión nominal del cable, tipo de aislamiento, clase y sección nominal del conductor.

El cableado de los diferentes circuitos deberá montarse separado por categoría de cables, de tal manera que no impida o dificulte su fácil montaje y desmontaje en los Coches, dando cumplimiento a los siguientes requisitos:

- Todos los cables unitarios, grupos y cables múltiples deberán estar rotulados o etiquetados en sus extremos, de acuerdo con los esquemas eléctricos y de cableado correspondientes; estos señalamientos deberán ser perfectamente visibles sin degradación alguna con el paso del tiempo;
- El cableado bajo bastidor deberá estar colocado en conductos, excepto las acometidas a los diferentes equipos;
- Se deberá evitar toda posibilidad de roce de los cables con partes metálicas; para tal efecto, se deberán utilizar canalizaciones para proteger el cableado en las zonas que lo requieran; en caso de utilización de canaletas de material metálico, estas deberán tener puntos de conexión a tierra;
- El cableado de los circuitos de alta y baja tensión, continua y alterna, así como los circuitos de seguridad y comunicación, deberán ser totalmente independientes entre sí;
- Los terminales que se utilicen deberán cumplir, por lo menos, con los requisitos de la norma EN 50343, y deberán garantizar la continuidad eléctrica bajo todas las condiciones de operación, asegurando que las vibraciones no afecten su funcionamiento y dando cumplimiento a los objetivos RAM;
- Se aceptará el uso de conexiones sin tornillo;
- Las borneras de conexión deberán contar con identificaciones que permitan una rápida instalación de los cables para facilitar las intervenciones de mantenimiento;
- En caso de utilizarse fundas destinadas a contener los cables, el material de éstas deberá ser resistente al calor y a las vibraciones de conformidad con la norma NF F16-101;
- con el fin de permitir reparaciones eventuales y evitar esfuerzos mecánicos en las conexiones de los circuitos de baja tensión, estos deberán contar en cada conexión con una longitud suplementaria, que permita varias reparaciones en cada extremo del cable sin tener que cambiarlo;
- Las diferentes partes metálicas de los Coches y de los diversos órganos eléctricos y electrónicos, deberán estar conectadas a la estructura de la caja a través de tranzas flexibles de sección suficiente para resistir todas las condiciones de operación, dando cumplimiento a los objetivos RAM.

[END]

4.19.7 Cables y Conexión a Tierra

[ID_BOG_MRO_181];

El Concesionario deberá instalar un sistema de puesta a tierra para los Coches que cumpla con las siguientes características mínimas:

- Deberá impedir el paso de corrientes de fuga entre el sistema eléctrico y los demás sistemas y estructuras del Tren;
- Los Coches motrices deberán contar con una barra de corriente de retorno y de puesta a tierra del sistema de tracción; esta barra deberá aislarse eléctricamente de la caja; de la barra saldrá una conexión a los motores, en los bogíes motrices y a los dispositivos para la conducción de las corrientes de retorno a ambos rieles; en los Estudios de Diseño de Detalle Principales de Material Rodante, el Concesionario deberá describir el sistema de conexión entre la barra de retorno y de puesta a tierra y los motores;
- La masa de los Coches se deberá poner a tierra en un punto único; este dispositivo deberá ser probado. Este, a su vez de la caja, que deberá conectarse con un dispositivo montado en el segundo bogie, que deberá asegurar el contacto adecuado a los rieles; el Concesionario deberá entregar en la fecha prevista en el Programa de Pruebas, una certificación del fabricante que acredite que este dispositivo fue probado satisfactoriamente;
- El sistema de retorno de las corrientes y el sistema de puesta a tierra de protección, o sea de la masa de los Coches, deberán estar separados dentro de los Coches;
- Todos los puntos de puesta a tierra deberán fijarse a las lengüetas con pernos, arandela de seguridad y tuerca auto frenada, deberán quedar visibles y ser fácilmente accesibles, de tal forma que permitan su rápida inspección, así como su montaje y desmontaje en frío, sin tener que desmontar otros elementos;
- Las conexiones de retorno de cada sistema de baja tensión auxiliar, los cuales estarán protegidos por medio de un interruptor, se deberán conectar a un punto único, sin conexión a otro sistema; de este punto habrá una conexión única a la caja;
- La conexión de los sistemas de corriente continua deberá retornar al interruptor respectivo y a continuación a un punto de conexión del circuito negativo de la batería; el sistema de batería deberá estar provisto con un dispositivo de alarma para falla a tierra de circuitos de corriente continua, conectado al sistema de monitoreo de fallas;
- La puesta a tierra de los circuitos auxiliares, sistemas de bajo voltaje, circuitos de señalización y de comunicaciones, deberá estar separada;
- Los equipos y cajas de aparatos deberán ponerse a tierra mediante cables o Trenzas de cobre de alta flexibilidad; las conexiones a los dispositivos de tierra se efectuarán por un sistema con perno, arandela y tuerca;
- Todas las conexiones y fijaciones de puesta a tierra deberán tener capacidad para soportar las altas corrientes de fallas y descargas atmosféricas que puedan producirse;
- Todas las conexiones y fijaciones de puesta a tierra no deberán estar pintadas; para evitar la oxidación, se deberá aplicará grasa especial una vez fijada la respectiva conexión.

[END]

4.19.8 Elementos de Protección Eléctrica

[ID_BOG_MRO_182];

Todos los equipos eléctricos de alta y baja tensión deberán estar protegidos por elementos que eviten daños en caso de sobretensiones, sobre corrientes y cortocircuitos; los elementos de protección deberán ubicarse en lugares de fácil acceso y estar debidamente identificados.

En el caso de los circuitos de tensión de tracción, su protección se deberá hacer a través de elementos que cuenten con fijaciones y conexiones seguras y de fácil reemplazo.

En los circuitos de corriente alterna y directa de baja tensión, se deberán emplear elementos magneto-térmicos de rearme manual. Su colocación deberá ser de fácil acceso es decir, sin que sea necesario el desmonte de otros elementos diferentes a las tapas protectoras, y cada elemento deberá tener una identificación.

En todo caso se deberá cumplir con las medidas de protección relativas a riesgo eléctrico definidas en la norma EN 50153.

En los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, el Concesionario deberá indicar la capacidad y tiempos de respuesta de los diferentes elementos de protección empleados en el Tren.

[END]

4.19.9 Sistema de Control y Señalización

[ID_BOG_MRO_183];

Los equipos electrónicos de control del sistema de tracción deberán contar con un microprocesador con auto diagnóstico y deberán tener capacidad para realizar, al menos, las siguientes funciones:

- Tratamiento de informaciones tanto internas como externas;
- Registro de información y memorización de datos, indicando las condiciones en las que se hayan presentado las anomalías detectadas, así como la hora y la fecha de las mismas; el sistema deberá tener capacidad suficiente para almacenar esta información y datos durante, por lo menos, 30 días;
- Capacidad para la realización de pruebas en baja tensión para la verificación del estado tanto de los circuitos de control como de potencia, manual o automática, teniendo capacidad para registrar en la memoria los resultados y visualizar en tiempo real el proceso de funcionamiento;
- La capacidad de transferencia de datos se deberá realizar en forma local y a lo largo del Tren; la comunicación deberá ser amigable por medio de menús y la información deberá ser de fácil interpretación rápido procesamiento y en idioma español;
- Capacidad para la visualización de la información almacenada, mediante un puerto adecuado para el equipo portátil, sin afectar su registro en memoria.

[END]

4.20 Sistema de Comunicación Embarcado

4.20.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_184];

El sistema de comunicaciones embarcado está constituido como mínimo por los sistemas de:

- Radiocomunicaciones de datos y voz que no sean parte del CBTC (RADIO);
- Red local (LAN);
- Telefonía / interfonía (TEL);
- Video vigilancia (CCTV);
- Información a pasajeros (SIP);
- Difusión de publicidad (DDP);
- Sonorización (SAP).

[END]

4.20.2 Alcance y perímetro del sistema de comunicación embarcado

[ID_BOG_MRO_185];

El Concesionario deberá instalar, poner en funcionamiento, operar y mantener, los equipos, periféricos, los cables, los conectores y todos los dispositivos necesarios para realizar la implementación de los subsistemas de comunicación listados a continuación:

- Red local (LAN);
- Telefonía / interfonía (TEL);
- Video vigilancia (CCTV);
- Información a Pasajeros (SIP);
- Difusión de publicidad (DDP);
- Anuncios a Pasajeros (SAP).

Adicionalmente, son obligaciones del Concesionario con respecto a los subsistemas de comunicación listados, las siguientes:

- Asegurar su integración, instalación, pruebas y puesta en servicio, garantía y mantenimiento; el Concesionario será responsable de definir la configuración y gestionar las interfaces del sistema de comunicación embarcado con el Material Rodante, de tal forma que dé cumplimiento a las Especificaciones Técnicas y los objetivos RAM;
- Garantizar la compatibilidad (física y lógica) de los equipos y sistemas embarcados con los sistemas de telecomunicaciones en la vía;
- Asegurar la integración de los siguientes sistemas en el Material Rodante:
 - el sistema de Radiocomunicación (RADIO) de voz y datos, constituido por los equipos de tipo: antenas, cables de conexión y radio módem de los siguientes sistemas de radio: (i) Radiocomunicación TETRA; (ii) Red de Banda Ancha;
 - los equipos de concentración de cada sub sistema (servidores de gestión del SIP, DDP y SAP) de comunicación embarcado, incluyendo los amplificadores del sistema SAP embarcado;
 - los equipos de telefonía, interfonía, las cámaras CCTV, las pantallas y altoparlantes de difusión de los sistemas SIP, DDP y SAP, en las salas de pasajeros;
 - las herramientas de mantenimiento asociadas.

Es responsabilidad del Concesionario la integración de todos los sistemas embarcados de comunicaciones en el conjunto del Material Rodante, con todos los demás sistemas no embarcados.

El Concesionario deberá entregar, en las fechas previstas en el Programa de Pruebas, resultados satisfactorios de las pruebas de validación de los sistemas embarcados de comunicaciones con los demás sistemas, ejecutadas por lo menos para los dos primeros Trenes.

El Concesionario deberá entregar en los Estudios de Diseño de Detalle Principales del Material Rodante el plano de numeración a bordo para cada uno de los subsistemas de comunicación embarcados.

En el Apéndice Técnico 8 sección 5, se incluyen Especificaciones Técnicas adicionales para los equipos y sistemas de comunicación embarcados y no embarcados.

[END]

4.20.2.1 Configuración Inicial

[ID_BOG_MRO_186];

Por configuración inicial, se entiende la parametrización necesaria de un sistema para su inserción y funcionamiento en todos los sistemas que incluye el proyecto de la PLMB.

Esta parametrización inicial permite así al sistema en cuestión, integrarse a los otros sistemas incluidos o no en los Apéndices Técnicos y suministrar todos los servicios tal como han sido definidos en las Especificaciones Técnicas, aun cuando durante las diferentes etapas de pruebas que seguirán ciertas configuraciones y parámetros, puedan ajustarse.

El Concesionario deberá implementar los parámetros iniciales en todos los sistemas de comunicación embarcados.

Estas parametrizaciones iniciales deberán entregarse como mínimo dos meses antes de la fecha prevista de la implantación de un sistema. El Concesionario deberá dirigir esta prestación hasta la implantación de la totalidad de los sistemas del Proyecto.

[END]

4.20.3 *Especificaciones generales de los sistemas de comunicación embarcados - Aspectos generales*

[ID_BOG_MRO_187];

El Concesionario deberá instalar, poner en funcionamiento, operar y mantener, por lo menos, los siguientes equipos embarcados de comunicación:

- 1 cámara frontal en cada extremo del Tren, para visualización de la vía;
- 1 equipo de telefonía instalado en la consola de conducción en cada extremo del Tren;
- 1 interfono en cada puerta de pasajeros;
- Como mínimo 3 cámaras CCTV por Coche para la vigilancia de las salas de pasajeros, de tal forma que el Concesionario garantice que no existe ningún punto ciego dentro del Coche;
- Equipos de grabación con capacidad suficiente para mantener almacenadas las imágenes de videovigilancia (CCTV) de todas las cámaras durante, de conformidad con lo señalado en el Sistema CCTV de este Apéndice Técnico;

- Como mínimo dos pantallas SIP por Coche;
- Como mínimo dos pantallas DDP por coche;
- Altoparlantes en número y con capacidad necesaria para que todos los pasajeros del Coche, con una ocupación de hasta EL 8, puedan escuchar la información que se transmita a través de altoparlantes;
- Micrófonos en la consola ubicada en cada extremo del Tren, que permitan al operador transmitir mensajes por los altoparlantes de los Coches;
- Una antena TETRA a cada extremo del Tren;
- Una antena RBA en cada extremo del Tren;
- Dos modem Radio TETRA por Tren;
- Dos modem Radio WIFI RBA por Tren.
- Un equipo de concentración por sistema SIP, DDP y SAP.

[END]

[ID_BOG_MRO_188];

El sistema deberá cumplir, como mínimo, con los siguientes requerimientos generales:

- Estandarización: el sistema deberá en lo posible apoyarse en productos existentes; aquellos productos que deban desarrollarse específicamente para la PLMB deberán ser certificados por el fabricante, mediante pruebas que demuestren que cumplen a satisfacción con el propósito para el cual fueron desarrollados; lo anterior, sin perjuicio de la obligación del Concesionario de cumplir con las Especificaciones Técnicas, los objetivos RAM y los Indicadores de Operación y Mantenimiento; las certificaciones del fabricante deberán ser entregadas por el Concesionario en las fechas previstas en el Programa de Pruebas;
- Sistemas abiertos, modularidad, independencias: el Concesionario deberá garantizar que los sistemas que instale sean compatibles entre sí, de tal manera que dé cumplimiento a las Especificaciones Técnicas y los objetivos RAM; las soluciones seleccionadas deberán utilizar estándares para las funciones en interfaz externa (material y programa); los sistemas instalados no deberán imponer soluciones técnicas propietarias para los equipamientos conectados a los servidores; no se aceptarán tecnologías propietarias del tipo Control Activex, DCOM; la modularidad deberá permitir una extensión de capacidad del sistema de mínimo el 20% (aumento de la cantidad de equipamientos), el desvío de tratamientos y agregar funciones complementarias;
- Doble fuente: el Concesionario deberá garantizar que cada uno de los equipos y sistemas instalados cuente como mínimo con dos proveedores de repuestos diferentes. (En lo posible proveedores locales);
- Vida útil de los sistemas: mínimo 15 años; adicionalmente, el Concesionario debe mantener actualizados los equipos y sistemas de tal forma que cumpla con las obligaciones de control de la obsolescencia y disponibilidad de repuestos previstas en las Especificaciones Técnicas y con los principios de estandarización, modularidad y doble fuente;
- Alimentación eléctrica de los equipamientos:
 - a bordo: el nivel de tensión a elegir por el Concesionario tendrá que mantenerse en un rango de + 10, - 15 %, 60 Hz (+/- 1 Hz); los micro cortes de duración inferior a

- 100 ms no deberán tener incidencia en el funcionamiento de los equipos de comunicaciones;
- el conjunto de los sistemas de telecomunicaciones tendrá una interfaz con el sistema de alimentación permanente del Material Rodante; dicho sistema de alimentación deberá proporcionar autonomía suficiente para los sistemas de telecomunicaciones, de tal forma que el Concesionario cumpla con los objetivos RAMS;
 - Parásitos eléctricos o radioeléctricos: los equipos deberán tener capacidad para operar satisfactoriamente en un entorno perturbado por radiación, conducción o descarga electrostática, debiendo cumplir con los requerimientos CE y aplicar las siguientes normas:
 - EN 50121-1 y EN 50121-3-2 para los equipos, y la EN 50121-3-1 para el vehículo completo;
 - EN 61000-6-2: compatibilidad electromagnética (CEM) parte 6-2: normas genéricas – inmunidad para los entornos industriales.
 - Bandejas de cables: los cables específicos a los equipos COM deberán tener las mismas características que aquellos del Material Rodante ya instalados; se deberá establecer una separación de los cables de corrientes fuertes (BT) y corrientes débiles (TBT); los cables se fijarán mediante correas que permiten no aplastarlos; deberá respetarse el radio de curvatura de cada tipo de cable; todas las bandejas de material metálicas deberán tener puntos de conexión eléctrica al chasis del Tren; los cables deberán cumplir con las normas EN 50305, EN 50 306 y EN 50 355;
 - Conexión al cuerpo del Tren: todos los equipos, tanto activos como pasivos, que presenten partes o cuerpos metálicos, deberán estar conectados al chasis del Tren;
 - Disposición de los equipos: la disposición de los componentes a bordo deberá permitir una fácil identificación mediante etiquetas, grabación, o cualquier otro sistema perdurable, y permitir su fácil mantenimiento de tal forma que para ello, en lo posible, no sea necesario desmontar otros elementos; la ubicación de los componentes deberá cumplir con las exigencias de distancia mínima de aislamiento a la tensión del sistema de tracción, de tal forma que no se produzca arco eléctrico; la disposición de los componentes que necesitan controles, ajustes o limpieza periódicos, deberá permitir la realización de estas actividades en frío, esto es, sin tener que desmontar otros elementos; sólo deberán montarse en las puertas/trampas de acceso a estos equipamientos los dispositivos de operación, de indicación y de medida;
 - Identificación de los equipos: todos los equipos deberán tener placas de identificación específicas con la abreviatura de identificación indicada en los esquemas funcionales; todos los equipamientos para los cuales se requieren piezas de repuesto también deberán identificarse mediante etiquetas de código de barras;
 - Conexión: los cableados y las interconexiones entre las diferentes partes deberán hacerse con el mínimo posible de cables y de conectores; los sistemas de conexión deberán ser tan uniformes como sea posible, recurriendo a soluciones que eviten errores de conexión que puedan inducir a disfunciones o daños de los equipos; todas las conexiones entre los tableros terminales deberán estar hechas sin uniones intermedias; no se permitirán conexiones condicionales y será posible hacer conexiones temporales/provisorias a los tableros terminales auxiliares sólo en caso de emergencia; la definición de los conectores deberá estar incluida en la gestión de interfaces entre

Material Rodante y Comunicaciones; todas las conexiones deberán cumplir con las normas IEC 60077, IEC 60571, IEC EN 50306 y EN 50343;

- Cableado: los cables a instalar deberán cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:
 - cables coaxiales redes locales EN61196-3-3;
 - cables guías de ondas de radio eléctricas IEC 61196 PT2;
 - cables guías de ondas de radio eléctricas IEC 61196 PT1;
 - cables sin halógenos de señalización y de avisadores de alarmas NF F 55-622;
 - cables de telecomandos y de teletransmisión IEC NF F55-623;
 - cables de telecomandos y de teletransmisión sin halógenos NF F 55-623;
 - cables de telecomunicaciones IEC NF F 55-624;
 - cables de telecomunicaciones sin halógenos NF F 55-624;
 - conductores y cables de energía de baja tensión IEC NF C32-321;
 - conductores y cables de energía de baja tensión sin halógenos NF F 55-625;
 - cables de telecomandos y de teletransmisión NF F 55-633.
 - identificación de los cables: la identificación será de principio a fin con la codificación precisada por el Concesionario; todos los cables serán marcados por categoría de los cables mediante etiquetas de color, colocadas en puntos específicos previstos, que permitan caracterizar sin ambigüedad cada cable (características técnicas y funcionales); el código de colores deberá ser definido de acuerdo con las normas eléctricas EN 50343 y deberá ser coherente para todas las instalaciones del Proyecto;
 - los cables de telecomunicaciones con fibra óptica para mediana y gran distancia deberán ser sin halógenos y cumplir con las normas AFNOR NF F 55-641 y AFNOR NF F 55-642;
- Aspectos generales de los equipos y componentes:
 - el material deberá estar constituido únicamente por piezas nuevas;
 - los elementos que sufran deterioro deberán ser cambiados por nuevos elementos;
- Componentes electrónicos: todos los componentes deberán contar con la certificación ROHS; la certificación correspondiente para cada material deberá ser presentada por el Concesionario a la Interventoría, en la fecha prevista en el Programa de Pruebas;
- Protección contra la corrosión, pinturas: el Concesionario deberá garantizar que todas las piezas suministradas hayan recibido un tratamiento de protección eficaz contra la corrosión, de tal manera que no presenten corrosión durante su vida útil; los tornillos y pernos deberán ser inoxidable;
- Cajas: los embalajes deberán cumplir con los grados de protección previstos por la norma NFC 60-529; el grado de protección mínimo deberá ser IP 54 para los equipos situados a bordo;
- Pruebas y puesta en marcha: se utilizará la norma IEC 60268-16 para verificar la inteligibilidad del sistema en distintos escenarios.

[END]

4.20.4 Radiocomunicación Tetra y Red Banda Ancha - Generalidades

[ID_BOG_MRO_189];

El Concesionario deberá suministrar, instalar, poner en funcionamiento, operar y mantener un sistema de radiocomunicación TETRA y banda ancha a bordo de cada Tren, que cumpla con los siguientes requisitos mínimos:

- El sistema de radiocomunicación de voz deberá ser de tipo TETRA, basado en una tecnología numérica y totalmente en IP; esta red se deberá desplegar a lo largo de la línea principal, incluyendo las estaciones terminales y el Patio-Taller, entre otros, para enlazar tanto los equipos embarcados como aquellos no embarcados; esta red deberá estar conectada a la Red Multi Servicios (RMS) y permitir comunicaciones de radio bilaterales en fonía e intercambios de datos entre el CCO y todos los Trenes;
- El Sistema de Radiocomunicaciones de Red Banda Ancha (RBA) deberá ser de tecnología IP en su totalidad, compatible con IPv4 e IPv6 y deberá cumplir con las Especificaciones Técnicas definidas para este sistema en el Apéndice Técnico 8 sección 5;
- El Sistema de Radiocomunicación TETRA embarcado será utilizado por los siguientes subsistemas:
 - Telefonía-Interfonía;
 - SAP.
- El Sistema de Radiocomunicación de Banda Ancha embarcado será utilizado por los siguientes sistemas COM:
 - CCTV;
 - SIP;
 - DDP.

[END]

4.21 Radiocomunicación TETRA y Red Banda Ancha

4.21.1 Requerimientos Funcionales Generales

[ID_BOG_MRO_190];

El Sistema de Radiocomunicación deberá cumplir con las siguientes categorías de flujos funcionales:

- De “sistema a sistema”: son los flujos que se establecen entre los sistemas de radiocomunicación y:
 - la red LAN embarcada para la interconexión de los módems (TETRA y RBA) de radios;
 - la Interfonía para transmitir las comunicaciones tanto a bordo – como en tierra, mediante la radio Tetra;
 - el CCTV para los comandos y la visualización de imágenes en tiempo real / tiempo diferido en el Material Rodante, en toda la línea principal, en zona UTO y no UTO del taller mediante la RBA;
 - la sonorización para anuncios difundidos a bordo mediante la radio Tetra, el sistema de gestión SAP embarcado (de suministro comunicación) para la actualización de

los mensajes pre grabados en terminales y talleres (y vía de enlace) mediante la RBA;

- el sistema de Información a Pasajeros (SIP, de suministro comunicación) que permite difundir en tiempo real las diferentes informaciones útiles para los pasajeros (incidentes, noticias, etc.) mediante la radio Tetra, y para la actualización de los videos y clips, mediante la RBA en terminales y talleres (y vía de enlace) del sistema de gestión SIP y DDP embarcado para la actualización de los videos y clips mediante la RBA;
- el sistema CBTC en el CCO para las alarmas de los equipos;
- De “usuarios a usuarios”: estos flujos se definen para las comunicaciones bidireccionales entre el CCO y los pasajeros y para las comunicaciones bidireccionales entre el personal del operador que deberá intervenir en el Tren, o que está en la línea principal o en alguno de los edificios; deberá permitir escuchas discretas desde el CCO.

[END]

4.21.2 Requerimientos Funcionales Específicos

[ID_BOG_MRO_191];

La red radio TETRA deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Asegurar las conexiones simultáneas de fonía y datos en tiempo real entre el CCO y los Trenes;
- Permitir la transferencia de datos en tiempo real para la sonorización (SAP);
- Permitir el envío de informaciones (estado de diagnóstico, rendimientos, etc.) De los sub sistemas de comunicación embarcado al CBTC;
- Deberá permitir establecer:
 - llamados de grupo;
 - llamados de difusión (llamado hacia todos los usuarios), denominado también llamado general;
 - llamado punto a punto, denominado también llamado selectivo o llamado individual;
 - llamados de emergencia;
- El sistema de radiocomunicación embarcado TETRA, deberá satisfacer las siguientes necesidades de telefonía-interfonía y sonorización:
 - comunicación full dúplex entre la consola de conducción y/o los interfonos y/o el CCO;
 - comunicación de difusión (llamado general) emisión hacia los pasajeros;
 - recepción de escucha de ambiente (discreta) desde los Coches hacia el CCO;

[END]

[ID_BOG_MRO_192];

La red Radio Banda Ancha (RBA) deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Soportar todas las necesidades del sistema CCTV a bordo, comandos, notificaciones y flujos de video, así como las actualizaciones de las bases de datos a los equipos de gestión embarcados correspondientes a los sistemas de SIP y DDP;
- El CCO deberá visualizar todas las imágenes CCTV provenientes de las cámaras ubicadas a bordo de los Trenes en tiempo real y en tiempo diferido;

- Las imágenes de las cámaras embarcadas deberán visualizarse en esos puestos a través de la cobertura de la red radio de banda ancha, cualquiera sea la posición del Tren en la línea principal o en las zonas del taller (UTO/ no UTO);
- Las grabaciones deberán visualizarse o extraerse desde los equipos de registro, través de la cobertura de la Red de Banda Ancha, cualquiera sea la posición del Tren en la línea principal, en vías de enlace o en las zonas del taller (UTO/no UTO).

[END]

[ID_BOG_MRO_193];

El Concesionario deberá instalar, poner en funcionamiento, operar y mantener, por lo menos, los siguientes equipamientos embarcados:

- Un radio módem TETRA por consola de conducción en cada Coche extremo de los Trenes;
- Por lo menos dos antenas radio TETRA, una conectada a cada modem;
- Los cables de conexiones y todos los conectores entre los equipamientos TETRA;
- Un radio módem red de banda ancha por cada Coche extremo de los Trenes;
- Por lo menos dos antenas de radio de banda ancha conectadas una a cada módem;
- Los cables de conexiones y conectores entre los equipamientos de la red banda ancha.

En modo nominal, un radio módem Tetra (puesto emisor-receptor), estará dedicado a la fonía y otro radio módem Tetra (en la consola opuesta) estará dedicado únicamente a la transmisión de datos.

[END]

4.21.3 Radiocomunicación TETRA y Red Banda Ancha – Requisitos de Instalación

[ID_BOG_MRO_194];

El Concesionario deberá cumplir los requerimientos de instalación de los módems, en el techo o en las consolas de conducción manual.

Las antenas deberán localizarse en el techo del Tren. La ubicación de las antenas deberá estudiarse con el fin de respetar las normas acerca de la pérdida máxima de un enlace de radio.

Las antenas deberán instalarse de acuerdo con el estado del arte para no perturbar su radiación. Así, el Concesionario deberá respetar:

- Las distancias mínimas entre una antena y su entorno cercano (campos libres alrededor de una antena);
- Las distancias mínimas entre dos antenas;
- Las posiciones de las antenas, que deberán ser simétricas según el eje medio del Tren.

La totalidad de los equipos deberán estar protegidos contra los parásitos y los fenómenos electromagnéticos (rayo y contaminación ambiental).

El Concesionario deberá respetar los pares de apriete (Nm) según los tipos de conectores que se empleen.

[END]

Handwritten marks: a stylized 'R' on the left, and a signature 'se' followed by a large circle on the right.

4.22 Red Local (LAN) a Bordo del Tren

4.22.1 Funcionalidades

[ID_BOG_MRO_195];

La red local embarcada será el soporte como mínimo de los sistemas de COM siguientes:

- Radiocomunicaciones TETRA y RBA;
- Telefonía e interfonía;
- SAP;
- SIP;
- DDP;
- CCTV.

La red local deberá basarse, en lo posible, en productos existentes; aquellos productos que deban desarrollarse específicamente para la PLMB deberán ser certificados por el fabricante, mediante pruebas que demuestre que cumplen a satisfacción con el propósito para el cual fueron desarrollados; lo anterior, sin perjuicio de la obligación del Concesionario de cumplir con las Especificaciones Técnicas y los objetivos RAM; las certificaciones del fabricante deberán ser entregadas por el Concesionario en las fechas previstas en el Programa de Pruebas;

Las comunicaciones que transportará la red local deberán estar únicamente en IP, en su versión IPv4 o IPv6.

La red local deberá ser el soporte de todas las comunicaciones de los subsistemas de telecomunicaciones embarcados en el Tren.

La red local deberá implementar un mecanismo de auto cicatrización. En caso de corte de conexión, todas las comunicaciones deberán mantenerse sin intervención externa. El corte deberá ser transparente para el usuario y se necesitará para asegurar los servicios de tiempo real tipo voz entre otros.

En primera instancia, la red local deberá asegurar las comunicaciones de tiempo real de los sistemas o aplicaciones críticos para la operación, según la clasificación realizada por el Concesionario y no objetada por el Interventor.

La red local deberá incluir un sistema de control de acceso físico a la red por medio de un equipo conectado a la red local.

El sistema de control deberá limitar y controlar los puertos de acceso, gestionar protocolos y servicios, y controlar configuraciones de seguridad en los dispositivos de red (firewall, switch, router, otros), evitando la filtración de información crítica.

La red local deberá transportar todo tipo de flujo respetando todos los requisitos asociados a cada uno. Los flujos transportados serán de tipo:

- Voz (ejemplo: telefonía, interfonía, TETRA);
- Video (ejemplo: CCTV embarcado);
- Datos críticos y no críticos (ejemplo: supervisión de sistemas).

[END]

4.22.2 Características Técnicas

[ID_BOG_MRO_196];

La red local deberá tener las siguientes características técnicas:

- Las comunicaciones serán de tipo ethernet (IEEE 802.3) – IP (v4 y v6 RFC 791), broadcast, unicast, multicast;
- La red local embarcada será el soporte de comunicaciones en IPv4 compatible con IPv6;
- El plan de direcciones IP será genérico para todos los Trenes;
- Las comunicaciones entre los Trenes y las posiciones fijas (estaciones, CCO, Patio-Taller y demás edificios) se deberán efectuar en IP a través de un router. Ese router deberá cumplir con las funciones de traducción de dirección (PAT/NAT);
- La red local deberá soportar las interfaces Ethernet 10/100/1000 BT; los equipos conectados a la LAN deberán tener conectores de tipo M12;
- La LAN deberá poder configurarse por punto de acceso de forma full dúplex con un ancho de banda de 10/100/1000 Mbps, con configuración de modo auto negociación o manual;
- Se deberá prever un punto de conexión accesible para una computadora portátil de mantenimiento.

[END]

4.22.3 Requisitos Cuantitativos

[ID_BOG_MRO_197];

El Concesionario deberá dimensionar la LAN (puntos de acceso) en función del número de equipos embarcados por conectar.

Sin embargo, la red local deberá tener una holgura de un mínimo de 20% que permitirá una escalabilidad futura con otros sistemas o componentes.

[END]

4.22.4 Rendimiento

[ID_BOG_MRO_198];

Los elementos constituyentes de la LAN deberán ser dimensionados para garantizar el ancho de banda necesario para que cada sistema opere satisfactoriamente, dando cumplimiento a los objetivos RAMS.

El ancho de banda disponible deberá garantizar las comunicaciones sin degradación o pérdida de información.

[END]

4.22.5 Seguridad

[ID_BOG_MRO_199];

El sistema deberá garantizar la seguridad eléctrica de los equipos respetando la norma NF C 15 100.

El sistema deberá estar constituido únicamente por materiales que cuenten con todas las garantías de seguridad contra incendio previstas para los entornos embarcados; los materiales

R

1 2

A

deberán ser auto extingüibles, y no desprender gases tóxicos ni halógenos en caso de incendio.

Los equipos con conexión remota o local a menús de configuración o supervisión internos deberán contar con acceso restringido por contraseñas, y dar aplicación a la política de seguridad informática de la EMB que se encuentre vigente, en lo referente a personal autorizado para acceder a los equipos que soportan la operación comercial, características mínimas, perfiles y cambios de contraseñas.

[END]

4.22.6 Configuración y supervisión

[ID_BOG_MRO_200];

El Concesionario deberá instalar, poner en funcionamiento, operar y mantener:

- Una solución red multiservicios de suelo, la cual es una solución de gestión que deberá tener capacidad para configurar y supervisar los equipos LAN embarcados en los Trenes;
- Una IHM de configuración tipo cliente ligero (navegador internet) para acceso a los equipos de la LAN desde un portátil de mantenimiento conectado a la red Wifi del Patio-Taller, de las estaciones terminales o físicamente a la red LAN embarcada en el Tren.

[END]

4.23 Telefonía / Interfonía

4.23.1 Aspectos Generales

[ID_BOG_MRO_201];

El sistema embarcado de telefonía / interfonía deberá soportar todos los servicios solicitados por un sistema de radiocomunicación con norma TETRA (soporte de los llamados de grupos, etc.).

[END]

4.23.2 Requerimientos Funcionales

[ID_BOG_MRO_202];

El sistema de telefonía / interfonía debe tener capacidad para realizar las siguientes funciones:

- Las comunicaciones entre el CCO, el operador desde las consolas de conducción cuando sea el caso, y los pasajeros, mediante los equipos de telefonía/interfonía embarcados y el sistema de radiocomunicación del Tren;
- Las comunicaciones internas del Material Rodante (consola a consola y consola al sistema de sonorización del Tren).

El sistema de telefonía / interfonía deberá cumplir con las siguientes categorías de flujos funcionales:

- Flujos de “sistema a sistema”: se establecen entre el sistema de telefonía e interfonía y:
 - la red LAN embarcada para la interconexión de los teléfonos e interfonos con el sistema de radio y telefónico suelo;
 - el sistema CBTC para la gestión de datos :

- con el CCTV para la presentación de imágenes correspondientes a un grupo de interfonos;
- con la radio TETRA para el vínculo a bordo – central;
- con la sonorización para realizar anuncios a bordo;
- con el grabador de voz localizado en el CCO;
- con todos para las alarmas de los equipos;
- Flujos de “usuarios a usuarios”: los flujos de usuarios a usuarios deben permitir:
 - las comunicaciones bidireccionales entre el CCO y los pasajeros y escuchas discretas desde el CCO por medio del sistema de interfonía;
 - las comunicaciones bidireccionales entre operarios que deberán intervenir en el Material Rodante y el CCO;
 - las comunicaciones bidireccionales entre estos operarios en el Material Rodante;
 - las comunicaciones entre estos mismos operarios y los pasajeros.

Las comunicaciones que se realicen a través de la red de telefonía y de interfonía embarcada con el exterior del Tren deberán ser grabadas en el grabador central localizado en el CCO.

El sistema de telefonía y de interfonía embarcado deberá ser compatible con el conjunto de servicios TETRA definidos en el capítulo correspondiente (llamados de grupos, de emergencia, etc.). Por ejemplo, cada uno de los teléfonos e interfonos embarcados deberá poder ser asignado a un grupo de llamado, o un llamado emitido desde un interfono deberá poder redirigirse según sea conveniente, etc.

[END]

4.23.3 *Modelo de Operación*

[ID_BOG_MRO_203];

El Concesionario deberá instalar teléfonos IP en cada una de las consolas de conducción manual, provistas de alto parlantes y micrófono integrados, de tal forma que el operador se puede comunicar de forma “manos libres”.

El sistema de telefonía IP embarcado de explotación deberá permitir realizar tres distintos tipos de comunicaciones a través del dispositivo de llamado directo reservado para estos efectos y situado en los puestos IP embarcados (numeración automática):

- Comunicación *full* dúplex (comunicación grabada) del operador con el CCO a través de la red de radio TETRA;
- Comunicación no grabada del operador a bordo hacia los pasajeros a través del SAP;
- Comunicación bidireccional no grabada entre consolas de conducción;

Los llamados hacia los puestos telefónico embarcados deberán identificarse mediante un sonido, así como mediante la activación de una LED (o en pantalla según la solución propuesta por el Concesionario) que indique de dónde proviene el llamado (CCO / consola opuesta).

El servicio “doble llamado” deberá estar disponible, retomando el mismo mecanismo de identificación de un llamado entrante descrito más arriba.

Un llamado saliente desde un puesto telefónico embarcado deberá enviar sistemáticamente las informaciones que permitan al sistema central (CCO) identificar de dónde viene el

[Handwritten signatures and initials]

llamado; estas informaciones deben incluir, por lo menos: la identificación del Tren y de la consola.

[END]

4.23.4 Interfonía

[ID_BOG_MRO_204];

Los interfonos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Podrán ser similares a un teléfono IP simplificado, con el cual una persona podrá establecer una comunicación de voz, simplemente presionando sobre un dispositivo de llamado;
- Deberán disponer de un solo dispositivo para las llamadas, que se podrá identificar fácilmente (por ejemplo: rojo);
- Deberán estar claramente identificados (por ejemplo: con un cartel de “EMERGENCIA”) mediante pictogramas; el pictograma y texto asociado deberán estar definidos por el Concesionario en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante;
- Deberán ser bidireccionales (*full* dúplex) y sistemáticamente enviar las informaciones que permitan al sistema central (CCO) identificar de dónde viene el llamado, indicando el Tren asociado a este interfono, el Coche y la puerta respectiva;
- El sistema embarcado deberá permitir tratar varios llamados de interfonía simultáneamente a través de la red de radio TETRA;
- Si un llamado de pasajero no puede lograrse, deberá difundirse un mensaje de espera en español a través del interfono, informando al usuario que su llamado ha sido considerado por el sistema y que un operador lo tratará a la brevedad posible;
- En caso de que un interfono esté fuera de servicio y que un pasajero lo active, se difundirá un mensaje explícito en español y de forma opcional en otras lenguas (máximo 3), invitando al pasajero a dirigirse hacia otro interfono;
- Un interfono fuera de servicio deberá emitir una alarma al CCO;
- Cada interfono deberá poder manejarse desde el CCO para ponerlo en modo escucha discreta y así poder realizar una escucha del ambiente; esta selección (modo escucha discreta) no deberá impedir la realización de un llamado *full* dúplex.

[END]

4.23.5 Operación en Situaciones Degradadas

[ID_BOG_MRO_205];

La avería de un interfono o teléfono IP al extremo del Tren no deberá generar ningún impacto en el resto del sistema de telefonía o interfonía, y deberá enviar una alarma al CCO indicando la avería, mediante su conexión con el sistema de radiocomunicaciones embarcado.

[END]

4.23.6 Características Técnicas

[ID_BOG_MRO_206];

El sistema deberá cumplir con los requerimientos enunciados en el Apéndice Técnico 8, Sección 5 y con los siguientes requisitos:

- Solo se aceptarán tecnologías no propietarias y aquellas tecnologías propietarias con un estándar abierto que permita su modificación por parte de la EMB y su interfaz con tecnologías de otros fabricantes;
- El sistema deberá en lo posible apoyarse en productos existentes; aquellos productos que deban desarrollarse específicamente para la PLMB deberán ser certificados por el fabricante, mediante pruebas que demuestren que cumplen a satisfacción con el propósito para el cual fueron desarrollados; lo anterior, sin perjuicio de la obligación del Concesionario de cumplir con las Especificaciones Técnicas, los objetivos RAM y los Indicadores de Operación y Mantenimiento; las certificaciones del fabricante deberán ser entregadas por el Concesionario en las fechas previstas en el Programa de Pruebas;
- Los equipos instalados deberán tener capacidad para funcionar satisfactoriamente en el entorno en el cual fueron instalados (compatibilidad electromagnética, condiciones climáticas, entorno local, etc.), respetando la calidad y la fiabilidad de las comunicaciones y la vida útil de los materiales;
- El Concesionario deberá instalar soluciones de redundancia a nivel de la arquitectura del sistema embarcado, que garanticen la funcionalidad de la telefonía e interfonía, mitigando la probabilidad de falla del sistema;
- El códec utilizado deberá ser el estándar G711 o cualquier otro protocolo no propietario equivalente;
- El protocolo utilizado deberá ser SIP (Session Initiation Protocol);
- La totalidad de los equipamientos deberán estar protegidos contra las corrientes parásitas y los fenómenos electromagnéticos (rayo y contaminación ambiental);
- El sistema de telefonía y de interfonía deberá ser sincronizado mediante la red local.

[END]

[ID_BOG_MRO_207];

Los aparatos telefónicos IP deberán cumplir con las siguientes características:

- Deberán ser instalados de tal forma que no se muevan durante el servicio normal del Tren;
- Deberán ser resistentes a condiciones de uso propio de equipamientos embarcados, de tipo industrial y, en particular para Trenes de tipo Metro;

[END]

[ID_BOG_MRO_208];

El conjunto de puesto telefónico deberá cumplir con las siguientes características:

- Auricular sin dispositivo de alternancia;
- Teclado de mínimo tres teclas identificables (CCO, SAP, consola de conducción manual del lado opuesto) con leds presentes en cada una de las teclas, o pantalla táctil, que permitan seleccionar el modo de comunicación e identificar quien está llamando;
- Función manos libres con micrófono y alto parlante integrado;
- Plug and play;
- Dirección mac;
- PoE;

[END]

[ID_BOG_MRO_209];

El índice de protección de los puestos deberá ser:

- IP54 (EN 60 529 - NFC 20 010);
- IK07 (EN 50 102 - NFC 20 015);
- La instalación de estos puestos telefónicos deberá permitir que el empleado de conducción manual realice una comunicación en modo manos libres con un nivel de escucha cómodo.

[END]

[ID_BOG_MRO_210];

Los interfonos IP deberán cumplir con las siguientes características:

- Deben tener micrófono y alto parlante integrados;
- Deberán ser resistentes a condiciones de uso propio como equipos embarcados de tipo industrial y en particular para Trenes de tipo metro;
- Deberán estar provistos de un botón de llamado de color llamativo (por ejemplo, rojo) para emitir llamados de emergencia hacia el CCO, el cual deberá volver a su posición por defecto;
- Deberán contar con un indicador luminoso con tres modos distintos:
 - luz verde parpadeante durante el establecimiento de la comunicación;
 - luz verde fija una vez que la comunicación se ha establecido;
 - luz roja si está fuera de servicio o si la comunicación no pudo establecerse;
- Deberán integrarse armónicamente al diseño interior del Tren, estar claramente identificados mediante un cartel y protegidos contra el vandalismo;
- Los puestos deberán tener los siguientes índices de protección:
 - IP54 (EN 60 529 - NFC 20 010);
 - IK07 (EN 50 102 - NFC 20 015).
- Los interfonos ubicados cerca de las plazas para PMR deberán estar ubicados a una altura conveniente para el uso por una PMR;
- Durante la activación del modo escucha discreta, el indicador permanece apagado;
- Deben cumplir con la recomendación ITU-T P.800 asociada al sistema de telefonía en IP, el índice MOS (Mean Opinion Score) deberá ser superior a 4 en una escala de 1 a 5, donde 5 corresponde al mejor valor;
- La activación de un interfono (o de micrófonos de escucha discreta) en paralelo a un anuncio a los pasajeros a través del SAP, no deberá producir efectos de Larsen.

[END]

4.24 Sistema de Información a Pasajero (SIP) y Difusión de Publicidad (DDP)

4.24.1 Generalidad

[ID_BOG_MRO_211];

El Concesionario deberá llevar a cabo los estudios, suministro, transporte, montaje, integración, pruebas, puesta en marcha, garantía, mantenimiento, documentación, capacitación de los sistemas de Información a Pasajero (SIP) y Difusión de Publicidad (DDP) embarcados en el Material Rodante, así como de las pantallas, cables y conectores de estos subsistemas.

[END]

4.24.2 *Requerimientos funcionales*

[ID_BOG_MRO_212];

El Sistema de Información a Pasajeros (SIP) y de Difusión de Publicidad (DDP) embarcados en el Material Rodante deberán cumplir con las siguientes características:

- Que los mensajes visuales SIP sean difundidos de forma simultánea en todas las pantallas del Tren; los mensajes DDP deberán ser independientes de las informaciones del SIP;
- Que la presentación de publicidad esté dissociada de la información a los pasajeros;
- La difusión de la información a los pasajeros de la siguiente estación de parada, permitiendo anticipar la cercanía de su salida cuando llegan a su destino y así facilitar los flujos de pasajeros al interior del Tren;
- La información a pasajeros a bordo de los Trenes deberá ser en tiempo real y contener como mínimo las siguientes informaciones:
 - cuadro sinóptico de la línea con la localización dinámica del Tren y la dirección, próxima(s) estación(es), retrasos en la línea principal, estados y/o carga de las línea principal para las estaciones de transferencia a lo largo de la línea principal;
 - mensajes visuales coyunturales (incluyendo fecha y hora, temperatura);
 - eventos de emergencia o evacuación y sentido de circulación en el viaducto, en cuyo caso, a través de la acción de un operador en el CCO, deberá sustituir la presentación de anuncios en las pantallas DDP, por un mensaje de la empresa (evacuación, advertencia, etc.) u otro mensaje destinado a las pantallas SIP de información general;
- El DDP deberá tener capacidad para difundir información de carácter comercial hacia los pasajeros;
- Garantizar los flujos de información, mediante la red local RMS embarcada, entre los siguientes sistemas:
 - el CBTC, para la gestión de los datos y envío de las alarmas de falla de los equipos del Material Rodante;
 - el de radiocomunicación TETRA, para el transporte de los flujos de información en tiempo real y en tiempo diferido durante la operación;
 - a través de la red de banda ancha (RBA), en estaciones terminales y Patio-Taller, para la carga y descarga automática de los datos al inicio de cada día de operación (actualización de las bases de datos, videos y clips); en caso de problema o de cambios operativos durante la jornada, la carga y descarga de datos deberá hacerse con ayuda de un procedimiento manual;
 - los dos sistemas (SIP y DDP) deberán ser independientes, pero el SIP debe tener capacidad de sincronizarse con la sonorización, para sincronizar la difusión de los anuncios;
- Difundir los flujos de información “sistema a usuarios”, de manera visual a través de cada una de las pantallas, en los siguientes términos:
 - de exactitud, que la información coincida con los hechos o circunstancias que informa;

- de facilidad de lectura, mínimo el 90 % de los pasajeros, de pie o sentados a una densidad de 6 pax/m², deben poder visualizar y leer la información presentada en las pantallas;
- los mensajes visuales difundidos por las pantallas podrán ser de tipo texto y/o imagen y/o video en color, y su contenido podrá ser tanto de carácter informativo como comercial;
- El DDP deberá cumplir con las reglas establecidas en el Apéndice Técnico 20, en su apartado de “Explotación Publicitaria”;
- El servicio DDP en sus funciones o sus componentes no deberá perturbar el funcionamiento del SIP (ej.: ancho de banda, avería de un componente, etc.);
- Cualquier avería del SIP o el DDP, que conduzca a una pérdida total o parcial de la información difundida, deberá ser retransmitida en forma de alarma sintetizada hacia el SCADA y visualizada por los operadores del CCO;
- En modo degradado (sin conexión con la red local o sin señal de video), las pantallas (SIP y DDP) deberán difundir una imagen pregrabada;
- La avería de una pantalla SIP o DDP no deberá causar ningún impacto en el resto de las pantallas y sistemas; el mismo supuesto se aplicará a los sistemas en interfaz con el SIP y el DDP;
- Configuración y supervisión:
 - el Concesionario deberá suministrar o integrar a la solución SIP en tierra, una solución de gestión de los equipamientos (pantallas) embarcados; esta solución deberá permitir configurar y supervisar los equipos de tipo pantallas embarcadas en los Trenes, así como el flujo IP Multicast al que tiene que abonarse;
 - se deberá prever una IHM de configuración tipo cliente ligero (navegador internet) para acceso (portátil de mantenimiento) conectado en la red Wifi o física de la LAN embarcada del Tren.

En los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, el Concesionario deberá proponer el número de pantallas por Tren que instalará para dar cumplimiento a todos los requerimientos mencionados.

[END]

4.24.3 Arquitectura de los sistemas SIP y DDP

4.24.3.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_213];

El Concesionario deberá suministrar y configurar del conjunto de pantallas SIP y DDP, cables y conectores a la red local, y demás equipos necesarios para el funcionamiento de estos sistemas, embarcados en los Trenes.

Los sistemas y los equipos de gestión SIP/DDP embarcados, deberán ser interoperables y gestionados desde el CCO. Los sistemas SIP/DDP podrán usar el mismo sistema para su gestión siempre y cuando su operación sea independiente, es decir una falla en el DDP no podrá afectar al SIP.

El Concesionario, en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, deberá acreditar que los sistemas SIP/DDP han sido desarrollados sobre una plataforma

tecnológica abierta, para lo cual deberá presentar la correspondiente certificación del fabricante.

[END]

4.24.3.2 Características de las pantallas SIP y DDP

[ID_BOG_MRO_214];

Las pantallas SIP y DDP deberán cumplir las siguientes características generales:

- Tipo LCD o LED;
- Tipo pantalla plana;
- Tamaño mínimo de 20 pulgadas;
- Con un formato *Wide* (ejemplo: 16/9), el lado más ancho dispuesto al horizontal;
- La pantalla no deberá sobresalir de la línea de su habitáculo de montaje en el Material Rodante;
- La información de recorrido del Tren se deberá visualizar sobre el sinóptico de línea;
- Resolución mínima de 720 p a 30 imágenes por segundo (IPS);
- Mínimo de 16 millones de color;
- Alto nivel de contraste para una visualización cómoda en un entorno de Coche muy luminoso;
- Tasa de refresco mínima de 100Hz;
- Tiempo de respuesta $\leq 5\text{ms}$;
- Las pantallas SIP/DDP deberán ser compatibles y se podrán abonar bajo la configuración o comando del sistema de gestión SIP embarcado, a por lo menos 3 flujos de video IP Multicast de tipo H.264 ($\geq 1\text{Mbps}$) emitidos sobre la LAN embarcada por el equipo de gestión de SIP embarcado; los 3 flujos de video mínimo requeridos son:
 - para información institucional;
 - para información operativa;
 - para DDP, recreación y entretenimiento;
- Cada pantalla permitirá presentar texto y/o imágenes y/o secuencias de imágenes de color, incluso secuencias animadas tipo video;
- Los componentes internos de las pantallas de presentación se dispondrán de forma compacta con el fin de minimizar el grosor de la caja;
- El montaje de las pantallas deberá ser modular, tal se cumpla con los requerimientos de mantenibilidad del material rodante descritos en el Apéndice Técnico 9;
- El montaje de las pantallas debe garantizar la integridad física de los usuarios;
- Todas las pantallas de presentación deberán ser anti-vandalismo anti-grafitis, anti-fisuras, anti-reflejos y tener un revestimiento resistente a los rayones;
- El material interno y el cableado de estas pantallas deberán estar ocultos y no deberán exponerse a la vista de los pasajeros;
- Las pantallas no deberán generar una temperatura mayor a 40 °C, y el receptáculo deberá tener un diseño que permita evacuar eficazmente este calor fuera del material rodante;
- Rendimiento:
 - cambio de flujo video entre las pantallas $< 1\text{ s}$;

- plazo entre el envío de un mensaje desde el sistema central SIP (puesto operador o información generada automáticamente por el central) y presentación en pantalla a bordo, < 2 s;
- el tiempo de transmisión de las informaciones entre un equipamiento cualquiera de SIP y su presentación bajo la supervisión del CCO < 1,5 s.

[END]

4.24.3.3 Seguridad

[ID_BOG_MRO_215];

El sistema SIP/DDP deberá garantizar la seguridad eléctrica de los pasajeros, dando cumplimiento a la Normatividad Internacional, especialmente la IEC60364.

Los materiales de construcción de los componentes del sistema SIP/DDP deberán cumplir con todas las garantías de seguridad contra incendio previstas en la norma EN 45545-2 para los entornos embarcados: materiales auto-extinguibles y que no desprendan gases corrosivos "halógenos" o tóxicos, etc.

Los sistemas SIP/DDP deberán cumplir con los criterios de disponibilidad, fiabilidad y mantenibilidad definidos en el Apéndice Técnico 9.

[END]

4.25 Sistema CCTV

4.25.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_216];

Para garantizar la seguridad de los pasajeros, el Concesionario deberá implementar un sistema de video vigilancia (CCTV), lo que constituye un elemento esencial para la calidad y la organización de la operación.

En los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, el Concesionario deberá señalar la cantidad, ubicación y tipo de cámaras, así como la cantidad de grabadores, que instalará para dar cumplimiento a las condiciones de visualización en carga máxima del Tren (EL 8), requeridas en este Apéndice Técnico.

[END]

4.25.2 Requerimientos funcionales

[ID_BOG_MRO_217];

El sistema CCTV que implementará el Concesionario deberá tener 2 flujos funcionales de transmisión de imágenes en tiempo real y diferido, mediante la LAN embarcada, la RBA en la línea principal y Patio-Taller y la RMS, que tendrán las siguientes características:

- De "sistema a sistema", este flujo se realizará entre el sistema CCTV embarcado y:
 - el sistema CCTV del CCO, mediante la RBA;
 - el sistema de interfonía embarcado, para la correlación entre el interfono activado por un usuario y la cámara más cercana, que permita la visualización al operador desde el CCO, del usuario que lo activó;
 - el sistema CBTC embarcado, para comunicar al servidor de video embarcado el código del Tren;

- el sistema SCADA en el CCO, para las alarmas de falla de los equipos del sistema CCTV;
- De “sistema a usuarios”, este flujo se realizará mediante la RBA, entre el sistema CCTV embarcado y:
 - el IHM COM del CCO, para la presentación de imágenes en tiempo real y tiempo diferido;
 - el IHM CCTV del CCO, para la presentación de imágenes en tiempo real y tiempo diferido.

[END]

4.25.3 Modelo de operación - Generalidades

[ID_BOG_MRO_218];

El sistema de CCTV embarcado deberá estar compuesto por las cámaras, los dispositivos de grabación de las cámaras y las conexiones de los diferentes elementos, y debe cumplir con los siguientes requerimientos generales para su operación:

- Los equipos embarcados del sistema CCTV estarán activos y operacionales al despertar el Tren.
- Durante un incidente de operación que provoque el corte de alimentación de energía en el Tren, el sistema CCTV deberá conservar las funcionalidades especificadas en este Apéndice Técnico;
- La visualización en tiempo real de las imágenes de las cámaras embarcadas o la extracción de las imágenes grabadas, deberá ser posible sin importar la posición del Tren en la línea principal, Ramal Técnico o en la zona talleres (UTO / no UTO) a través de la cobertura de la RBA;
- Las cámaras del sistema CCTV deberán transmitir imágenes en modelo de color RGB;
- En caso de cambio de luminosidad al interior o al exterior del Tren (por ejemplo: entrada o salida de estaciones), las cámaras deberán adaptarse de forma automática para mantener las condiciones de visualización descritas en este Apéndice Técnico; además, se deberá poder acceder a los mecanismos de ajuste de luminosidad a través de una interfaz tipo https;
- Cada cámara (interior o exterior) del Tren deberá poder seleccionarse de manera única desde el IHM de los puestos de trabajo del CCO.

[END]

4.25.4 Modelo de operación – Zonas al interior del Tren

[ID_BOG_MRO_219];

Las cámaras que el Concesionario instalará al interior de los Coches del Tren, deberán permitir a los operadores del CCO:

- Visualizar de manera automática la zona próxima a los dispositivos de señal de alarma y de liberación de las puertas en emergencia e interfonos;
- Seleccionar manualmente de manera individual o grupal las cámaras del interior del Tren, desde el IHM COM del CCO;
- Tener una vista global de la situación al interior del Tren para aclarar dudas y sin puntos ciegos;

- Asegurarse de que el Tren este vacío en las estaciones terminales, en casos de evacuación o al terminar el servicio comercial, pudiendo identificar el rostro de una persona;
- Identificar en el cono de visualización de las cámaras, objetos olvidados en el interior del Tren, con un volumen mínimo de 500 cm³.

[END]

4.25.5 Modelo de Operación – Zonas al Exterior del Tren

[ID_BOG_MRO_220];

El Concesionario deberá instalar cámaras frontales en cada Coche extremo, para visualizar hacia la parte delantera o trasera del Tren, en caso de evacuación, de conducción a distancia o por la detección de un obstáculo en la vía, para lo cual deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Ofrecer un campo de visión frontal de mínimo 25 m, para conducción a distancia, en la siguientes condiciones:
 - con una zona de sombra de máximo 5 m contados a partir del punto de montaje de la cámara;
 - con mínimo 20 m de visión hacia adelante, contados desde el punto final de la zona de sombra;
 - en altura de la vía (suelo) a la parte más alta de la estructura de las estaciones.
 - en la vista horizontal, se deberá poder visualizar de forma completa el viaducto, incluidos los dos pasillos de evacuación, a partir de 1 m contado desde la zona de sombra.
- Luminosidad, se instalará un faro en la parte superior central de los Coches extremos. Éste suministrará una luminosidad mínima de 200 lux medidos a 25 m en la zona de visión frontal del Tren. En caso de falla del sistema de iluminación del Tren, las cámaras deberán pasar automáticamente a modo optimizado para conservar una calidad de imágenes equivalente.
- Visualizar personas u objetos inertes de un volumen mínimo de 1000 cm³ a 25 m en el campo de visión frontal del Tren.
- Las cámaras frontales de un Tren se visualizarán a pedido del operador del CCO. La activación de la cámara por parte del operador deberá activar también de forma automática el encendido del faro asociado a la cámara. Así mismo, al desactivar la cámara frontal se deberá apagar el faro de forma automática.

[END]

4.25.6 Modelo de operación – Grabación de las imágenes

[ID_BOG_MRO_221];

El(los) grabador(es) de CCTV embarcado(s) deberán grabar permanentemente las imágenes provenientes de las cámaras (interior o exterior) del Tren y cumplir con los siguientes requerimientos:

- Contendrán información de tipo meta dato asociada a cada secuencia de video grabada, la cual incluya bajo el formato texto “on screen display” al menos: identificación de la cámara, número de Tren, número de Coche, fecha, hora, posición (P.K.) del Tren, sentido de circulación (vía), destino);

[Handwritten signatures and marks]

- Deberá tener una capacidad de almacenamiento de la grabación de mínimo 7 Días para las cámaras interiores y de mínimo 1 Día para las cámaras exteriores;
- Permitirá la selección y extracción de uno o más flujos de video según los criterios de meta dato asociados a cada grabación:
 - número de cámara o posición en el Tren/Coche;
 - temporales (fecha, hora);
 - espacio(s) geográfico(s) en la línea (estación, inter estación, Patio-Taller, etc.);
 - número de línea y sentido de circulación;
 - identificación de la misión del Tren;
- Desde el CCO, el personal autorizado deberá poder extraer, a pedido, secuencias de video desde un grabador embarcado hacia un sistema de archivo central en el CCO;
- La transferencia de secuencias deberá poder efectuarse mediante un protocolo tipo FTP (File Transfer Protocol); este protocolo deberá incluir mecanismos de reanudación en incidente (ej.: corte de conexión y de control de integridad de las secuencias transferidas); el sistema deberá disponer del ancho de banda necesario (mecanismo para priorizar los flujos) para hacer las transferencias de secuencia hacia el sistema de archivo central en paralelo;
- El sistema CCTV embarcado y el sistema CCTV del CCO almacenarán los meta datos en el sistema de archivo central.

[END]

4.25.7 *Modelo de Operación*

4.25.7.1 Operación en situaciones normales

[ID_BOG_MRO_222];

- Al conectar el Tren a la red de alimentación, los equipamientos deberán cargar una configuración mediante un respaldo interno o buscando su configuración en un sistema central de gestión de configuraciones.
- Cada vez que se conecta el Tren a la red de alimentación, se efectuará una prueba del sistema (presencia de los equipos, servicio activo, configuración). Se enviará al sistema COM una notificación del estado de cada equipos y/o su estado de servicio.
- Toda notificación deberá grabarse y archivarase.

[END]

4.25.7.2 Operación en situaciones degradadas

[ID_BOG_MRO_223];

- En caso de detectarse una falla del sistema CCTV embarcado, que lleve a una pérdida total o parcial de un equipo o de un servicio, se debe registrar en forma de alarma sintética en el sistema COM y se debe notificar a los IHM COM de los operadores de tráfico línea en el CCO.
- La avería de una cámara no deberá tener ningún impacto en el resto del sistema CCTV embarcado, cámaras o grabador.
- Una avería del dispositivo de grabación no deberá tener ningún impacto en el servicio de video en tiempo real.

[END]

4.25.8 Especificaciones técnicas del Sistema CCTV

4.25.8.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_224];

El sistema CCTV, con todos sus componentes, se integrará en un sistema de comunicaciones basado únicamente en el protocolo IP. Todos los componentes del sistema CCTV deberán ser de tecnología IP nativa y utilizar protocolos estándares del mercado.

No se aceptará ninguna solución propietaria relacionada con:

- El formato de compresión de video;
- El formato de grabación de video;
- El protocolo de comandos de los flujos de video;
- El protocolo de acceso a los flujos de video Tiempo Real/Tiempo Diferido.

Las cámaras deberán poder emitir dos flujos de video en paralelo, con una configuración de compresión diferente:

- De menor resolución, servirá para la visualización simultánea en el CCO, de todas las cámaras CCTV de un Tren;
- De mayor resolución, servirá para el grabado de cada cámara CCTV o visualización en tiempo real desde el CCO; deberá ser posible visualizar simultáneamente, en esta configuración, un mínimo de 8 cámaras, de tal manera que sea posible cubrir eventos que se presenten en diferentes Trenes en la misma zona de cobertura;
- Los flujos de video deberán poder leerse con un programa lector del mercado tipo VLC sin uso de códec específico y/o propietario;
- La configuración de cada flujo de video se optimizará considerando:
 - el ancho de banda de la RBA disponible;
 - el número de cámaras de un Tren a visualizar simultáneamente desde el CCO;
 - la calidad de la imagen (resolución y frecuencia) requerida para la operación en tiempo real y diferido;
 - la duración del grabado de cada cámara.

Se deberá implementar una aplicación de software, tipo SDK o API, que integre cada equipo del sistema de video embarcado en el sistema CCTV central y los IHM.

Los equipos del sistema CCTV deberán cumplir como mínimo con las normas IP65 e IK07.

Las cámaras y el o los equipos de grabación deberán ser de montaje modular, y cumplir con los requerimientos de mantenibilidad para el Material Rodante definidos en el Apéndice Técnico 9.

Aparte de las cámaras, los demás componentes y el cableado de los equipos no deberán quedar accesibles ni a la vista de los pasajeros.

El tiempo de respuesta (plazo) del sistema CCTV deberá cumplir con lo siguiente:

- El plazo de conmutación, tiempo medido entre la solicitud de visualización de una cámara desde el IHM y la presentación de la imagen en la pantalla designada para la visualización en el TCO no deberá exceder 2 s;
- El plazo de latencia de la señal de video, entendido como el tiempo transcurrido entre el desarrollo de la imagen a distancia y su aparición en la pantalla, el cual está

constituido por la fase de adquisición de la imagen (numeración + compresión), el tiempo de transmisión por la red y el tiempo de aparición (descompresión incluida), no deberá exceder los 300 ms, de los cuales no se deberán emplear más de 200 ms (+/- 20 ms) para las funciones de codificación y decodificación;

- Se deberá suministrar o integrar al sistema CCTV del CCO una solución de gestión y supervisión de los equipos embarcados;
- Un operador de mantenimiento deberá poder realizar ajustes sobre los parámetros ópticos de las cámaras, desde cualquier punto de la red RMS empleando la IHM COM, a través del Sistema de Gestión de Operadores y una interfaz de cliente ligero (Navegador tipo Internet).

Todos los componentes deberán funcionar en un ambiente con temperatura entre los -10° a 50° C.

[END]

4.25.8.2 Cámaras para las zonas interiores y exteriores del Tren

[ID_BOG_MRO_225];

Las cámaras deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

- Ser de tecnología nativa ethernet 100/1000Base-T / IP y PoE (Clase 1 o 2);
- Estar conectadas a la red LAN del Tren que disponga de la interfaz con la RBA dedicada para el sistema CCTV;
- Permitir como mínimo las siguientes configuraciones:
 - menor resolución: mínimo 320 x 240 pixel;
 - mayor resolución: mínimo 720 x 576 pixel;
 - frecuencia: parametrizable hasta 30 imágenes por segundo (IPS);
 - gestión de ancho de banda (CBR/VBR);
- El motor de compresión de video utilizado para el tiempo real o el tiempo diferido deberá estar conforme a la norma H.264 del UIT-T (ISO/CEI 14496-10, MPEG-4 parte 10 AVC);
- Deben soportar como mínimo los siguientes protocolos:
 - IPv4/v6, HTTP, HTTPS, QoS Layer 3 DiffServ, FTP/SFTP, SMTP, Bonjour, UPnP, SNMPv1/v2c/v3 (MIB-II), DNS, NTP, RTSP, RTP/RTCP, TCP, UDP, IGMP, ICMP, DHCP, ARP, SOCKS, IP Multicast;
 - los protocolos del tipo "Plug & Play" (Buenos días, UPnP, DHCP, etc.) deberán poder desactivarse;
- En caso de corte de alimentación de energía del Tren, se debe conservar la configuración propia de cada una de las cámaras;
- El acceso a la configuración de los equipos, a los flujos de video tiempo real y tiempo diferido deberá estar protegido, a través del Sistema de Gestión de Operadores;
- Deberán incluir funciones de detección de deterioro, las cuales deberán poder desactivarse individualmente:
 - enmascaramiento completo o parcial;
 - claridad, vaporización de pintura o polvo;
 - sobre exposición / baja exposición en un período predefinido;

- Deberán estar protegidas contra vandalismo, grafitis, fisuras, reflejos y poseer un revestimiento resistente a los rayones.

[END]

4.25.8.3 Grabadores de Video

[ID_BOG_MRO_226];

Los grabadores de video del sistema CCTV deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

- El sistema de grabación podrá estar constituido por uno o varios grabadores;
- Deben ser redundantes en almacenamiento;
- Si el sistema de grabación está compuesto por varios grabadores, cada grabador deberá poder identificarse de manera única para la operación y la supervisión;
- En caso de corte de alimentación de energía del Tren, se debe conservar la configuración propia del o de los grabadores;
- Deberán tener el grado de protección IP43, siempre y cuando el compartimiento que lo protege responda a un índice IP65; en caso contrario, los grabadores deberán responder a un índice de protección IP65.

[END]

4.26 Sistema de Anuncios Pasajeros (SAP)

4.26.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_227];

El SAP debe permitir difundir en el Tren mensajes de audio directos o pregrabados. Este SAP embarcado forma parte del sistema SAP general de la PLMB, en el cual cada Tren representa una zona particular para difusión de mensajes y se compondrá como mínimo de los parlantes, amplificadores, micrófonos, cables y conectores de todo este sistema.

4.26.2 Especificaciones Funcionales

El SAP embarcado deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Los mensajes de audio pueden ser de tipo:
 - pre grabados: apertura y cierre de puertas, próxima estación o destino, así como de emergencia;
 - directo por un operador del CCO o desde la consola de conducción manual del Tren, para entregar información general o particular (en caso de emergencia o en modo degradado);
- De forma local emitir un mensaje de audio desde los teléfonos ubicados en las consolas de conducción manual del Tren; este teléfono, deberá permitir la selección de anuncio a pasajeros (SAP), radio o telefonía, mediante botones o una pantalla táctil;
- Registrar en el servidor SAP embarcado y en el CCO, las fallas y eventos en sus componentes;
- En la selección de SAP, monitorear la condición de micrófono abierto y cancelar automáticamente dicha condición si existe silencio durante un tiempo configurable;
- Control de volumen automático (control automático de ganancia) en función del ruido ambiental;

Handwritten marks and signatures at the bottom right of the page.

- Evitar el efecto Larsen durante la activación de un micrófono en paralelo a un AP emitido desde la consola de conducción manual del Tren;
- Dar prioridad a los mensajes directos emitidos desde el CCO, sobre cualquier mensaje difundido localmente.

[END]

4.26.3 *Requerimientos Técnicos*

[ID_BOG_MRO_228];

El SAP deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- En el Tren se emitirán los mensajes desde dos fuentes independientes, conectadas a la red local, de manera tal que los mensajes sean transmitidos aun cuando una de las fuentes esté en falla;
- Cada Coche tendrá un circuito de sonorización independiente;
- La intensidad de la señal transmitida deberá ser por lo menos de 15 dB sobre el nivel de ruido ambiente interno promedio; el volumen se ajustará de manera automática, a través de micrófonos instalados por Coche para mantener los 15 dB de diferencia.
- En condición normal, la inteligibilidad de los mensajes recibidos por los pasajeros no deberá superar los 80 dB SPL y el valor STI deberá ser superior a 0,6;
- La intensidad de la señal, medida a la salida del equipo, siempre deberá ser inferior a los 90 dB;
- La distribución de los parlantes deberá asegurar que la señal de audio sea uniforme a lo largo del Tren, la diferencia en la intensidad medida entre dos puntos deberá ser menor a 6 dB;
- La señal deberá poder ser ecualizada para obtener niveles parejos de intensidad recibida por el pasajero en el rango de frecuencias audibles entre 500 Hz - 15 kHz;
- Los pasajeros no tendrán acceso a los parlantes, sin embargo, el personal de mantenimiento deberá poder acceder a ellos de forma simple para poder realizar labores de mantenimiento y/o remplazo de éstos, dando cumplimiento a los requerimientos de mantenibilidad para el Material Rodante, definidos en el Apéndice Técnico 9 y 11; los parlantes no deberán sobresalir de la pared del Tren;
- Cada equipo del SAP deberá tener sus propias protecciones eléctricas, contra cortocircuito y sobre voltaje según corresponda;
- La falla de uno de sus equipos no podrá dejar fuera de servicio al SAP;
- Los amplificadores deberán soportar condiciones de cortocircuito en la salida sin sufrir daño;
- Después de que se haya normalizado una falla de cortocircuito a la salida del amplificador, la reposición del amplificador deberá ser automática;
- El teléfono del Tren deberá ser de tipo direccional y operar con ganancia constante en el espectro de frecuencias 500 Hz – 15 kHz;
- Los parlantes deberán tener una respuesta de frecuencia plana en el espectro de frecuencias 500 Hz – 15 KHz.

[END]

5. REQUERIMIENTOS DE RUIDO Y VIBRACIONES

5.1 Ruido

5.1.1 *Diseño acústico del Material Rodante*

[ID_BOG_MRO_229];

Como parte de los Estudios y Diseños de Detalle Principales de Material Rodante, el Concesionario deberá entregar al Interventor y a la EMB un informe técnico en el que detalle todas las medidas que serán adoptadas para mitigar el ruido en la fuente, a saber:

- El ruido de rodamiento (contacto riel-rueda);
- El ruido en curva: el Concesionario deberá implementar uno o varios dispositivos que permitan mitigar la aparición del ruido de chirrido en curvas. Podrán ser dispositivos de amortiguación de las ruedas, modificadores de adherencia, engrasadores, etc. Cada dispositivo propuesto deberá probarse en condiciones similares a las de Operación de la PLMB;
- El ruido de los motores de tracción (que pueden generar ruidos con un componente tonal muy marcado);
- El ruido de los equipos de transmisión con engranajes;
- El ruido de los compresores;
- El ruido de los convertidores de tracción y auxiliares (capaces de generar ruidos con un componente tonal muy marcado).

[END]

5.1.2 *Caracterización de la potencia acústica de las fuentes*

[ID_BOG_MRO_230];

Los equipos eléctricos y mecánicos, entendidos por tales el motor de tracción, el órgano de transmisión por engranaje (Gearbox), el compresor, el convertidor de corriente de tracción y el convertidor de corriente auxiliar, así como la fuente de ruido de rodamiento deberán caracterizarse por su espectro de potencia acústica en dB(A) para las bandas de tercios de octava desde 100 Hz hasta 6,3 kHz. Las pruebas de medición deberán ser llevadas a cabo en cumplimiento de la norma ISO 3740:2000.

La potencia acústica de los motores de tracción y de las transmisiones por engranajes deberá determinarse a las velocidades de rotación que corresponden a las velocidades del Tren de 60 y 80 km/h, en condiciones de carga EL6. Además, los niveles de potencia acústica de los motores de tracción deberán medirse con una corriente de alimentación procedente de los convertidores de potencia idénticos a los instalados en el Material Rodante, de modo que el componente de ruido relacionado con los fenómenos electromagnéticos sea representativo de las condiciones de operación real.

[END]

5.1.3 Caracterización de las propiedades de mitigación acústica de los componentes de la caja del Material Rodante

[ID_BOG_MRO_231];

Las propiedades de mitigación acústica de los componentes de la caja equipada con revestimientos adaptados deberán cumplir con los índices de mitigación acústica para las bandas de tercio de octava de 100 Hz a 6,3kHz.

Estos índices se deberán medir aplicando la norma EN ISO 10140-2:2013.

Como mínimo se caracterizarán los siguientes componentes:

- el piso (en las diferentes zonas);
- el pasillo de inter-circulación (piso, paredes, techo);
- las paredes (parte baja, parte alta);
- los ventanales;
- las puertas;
- el parabrisas;
- el techo.

Para los componentes de la caja, los índices de mitigación se medirán directamente en un Tren, mediante una medición de intensidad acústica.

[END]

5.1.4 Caracterización de los índices de inteligibilidad del habla del sistema de megafonía dentro del material rodante

[ID_BOG_MRO_232];

El Concesionario deberá seleccionar materiales para el interior del Tren que cumplan con los coeficientes de absorción acústica en campo difuso para las bandas de tercios de octava de 100 Hz a 6,3 kHz.

Estos índices se medirán aplicando la norma EN ISO 354:2004.

[END]

5.1.5 Caracterización de los índices de inteligibilidad del habla del sistema de megafonía dentro del material rodante

[ID_BOG_MRO_233];

Los niveles de inteligibilidad vocal (LTI) al interior del Tren deberán ser calculados utilizando un programa informático acústico (CATT Acústica u ODEON) teniendo en cuenta las propiedades de los altavoces (incluida la direccionalidad acústica), sus ubicaciones, el ruido de fondo correspondiente a la condición de marcha del Tren, las propiedades acústicas de los materiales dispuestos en el Tren, la presencia de los asientos (y otros objetos de dimensiones comparables).

Los niveles LTI se determinarán aplicando la norma EN 60268-16:2015.

[END]

5.1.6 Ruidos parásitos

[ID_BOG_MRO_234];

El Concesionario deberá cuidar las uniones entre elementos de revestimiento, los ductos de ventilación, así como todos los componentes instalados al interior de la caja, de modo que se reduzca al mínimo la posibilidad de aparición de ruidos parásitos, a saber:

- Los ruidos de chasquido de paneles de revestimiento, de puertas de armarios técnicos y de rejillas de ventilación;
- Los ruidos de chirrido de la inter-circulación o cualquier otro componente interior.

Para mitigar estos ruidos, el Concesionario deberá utilizar componentes de caucho (juntas, tampones, etc.).

Los ruidos parásitos no deberán ser perceptibles en condiciones de Operación.

El Concesionario deberá evidenciar el cumplimiento de este requerimiento durante las pruebas de control de las características acústicas del Material Rodante, e incluir las evidencias en el informe de pruebas correspondiente.

[END]

5.1.7 Límites máximos permisibles de los niveles de ruido

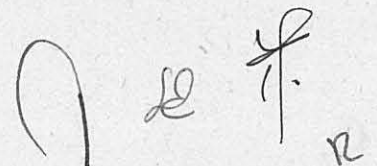
[ID_BOG_MRO_235];

El Concesionario deberá dar cumplimiento a la normativa y los límites máximos permisibles de los niveles de emisión de ruido del Material Rodante.

El Concesionario deberá realizar todas las mediciones para Tren detenido en campo abierto y Tren en movimiento en campo abierto y en viaducto.

El Concesionario deberá aplicar las siguientes condiciones para todas las mediciones de ruido a realizar en el Material Rodante:

- La rugosidad de los rieles de las vías de pruebas (campo abierto y viaducto) se deberá caracterizar por una prueba en aplicación de la norma EN 15610;
- Se deberá comprobar que la rugosidad es inferior o igual a la curva límite superior de rugosidad especificada en la norma ISO 3095;
- Se medirán las tasas de disminución de las vibraciones en la vía en los dos sitios de prueba (campo abierto y viaducto) aplicando la norma EN 15461+A1;
- Para el sitio de pruebas en campo abierto, se comprobará que la vía de pruebas presenta valores de decrecimiento de las vibraciones en la vía, iguales o superiores a los valores de las curvas límite mencionadas en la norma ISO 3095;
- Para el sitio de pruebas en el viaducto, es necesario comparar los índices de decrecimiento medidos con los valores de las curvas límite mencionadas en la norma ISO 3095;
- Las ruedas del Tren deberán haber sido reperfiladas; el Concesionario deberá garantizar el buen estado de rugosidad de las ruedas mediante un rodaje y una inspección visual (verificación de que no se presenten defectos a la vista);
- El tren deberá estar vacío, en orden de marcha. Deberá circular sobre una sección de vía idealmente en alineación recta, o con secciones en curvas de radio superiores a 800 m;
- Las mediciones deben ser realizadas en función de la configuración de funcionamiento:



- Configuración de funcionamiento 1 (Configuración 1): equipos auxiliares que funcionan de manera continua en funcionamiento en modo nominal.
- Configuración de funcionamiento 2 (Configuración 2): equipos auxiliares de funcionamiento intermitente en marcha forzada (compresores, secadores de aire, electroválvulas), además de la ventilación a plena potencia.
- Se deberán realizar al menos seis (6) mediciones para cada tipo de prueba.

El Concesionario deberá realizar al menos una (1) vez al año la medición de ruido rodante durante la Etapa de Operación y Mantenimiento.

[END]

5.1.8 Niveles de ruido al interior del tren

[ID_BOG_MRO_236];

El Concesionario deberá aplicar los lineamientos y condiciones que se definen en la norma ISO 3381 para los niveles de presión acústica al interior del Tren.

5.1.8.1 Niveles máximos de ruido cuando el Tren está parado en una estación

El Concesionario deberá cumplir con los límites máximos permisibles (Tabla No. 2) medidos al interior del Tren, cuando el Tren está parado en una estación para las configuraciones de funcionamiento 1 y 2. Las mediciones deben realizarse en cada Coche del Tren.

Los indicadores utilizados para evaluar los resultados son:

- El nivel de presión acústica continua equivalente ponderado A (clasificado como $L_{pAeq,T}$ con $T > 1\text{min}$) para la configuración de funcionamiento 1.
- El nivel máximo de presión acústica con constante de tiempo SLOW ponderado A ($L_{pAS,max}$) para la configuración de funcionamiento 2.

Localización	Altura del punto de medición (m) respecto al piso del Tren	Configuración 1 ($L_{pAeq,T}$ con $T > 1\text{min}$)	Configuración 2 ($L_{pAS,max}$)
Frente a cada equipo	1,6	62 dB(A)	67 dB(A)
Pasillo de inter-circulación del Tren	1,6	64 dB(A)	69 dB(A)

Tabla 2. Niveles máximos de ruido cuando el tren está parado en una estación

[END]

5.1.9 Niveles máximos de ruido cuando el Tren está circulando a velocidad constante

[ID_BOG_MRO_237];

El Concesionario deberá cumplir con los límites máximos permisibles medidos al interior del Tren, cuando el Tren esté circulando a una velocidad constante.

Las mediciones se realizan al interior del Tren y en cada uno de sus Coches (y las posiciones establecidas en la Tabla No 3, y los equipos auxiliares deberán estar en configuración de funcionamiento 1. Dichas mediciones deben ser realizadas en dos zonas de pruebas:

- Campo abierto.
- Viaducto, en línea recta sin junta de rieles.

El nivel de presión acústica continua equivalente ponderado A, debe ser medido para cada zona de prueba en seis (6) recorridos válidos, es decir, sin ningún evento que afecte los niveles de ruido medidos. El valor promedio obtenido se debe comparar con los límites de la Tabla No. 3.

Posición	Altura del punto de medida (m) respecto al piso del Tren	Valor máximo admisible del nivel de presión acústico continuo equivalente ponderado A, LAeq,T (con T > 30s)			
		Sitio de pruebas en campo abierto		Sitio de pruebas en Viaducto	
		60km/h	80 km/h	60km/h	80 km/h
Salón pasajeros	1,2	65 dB(A)	68 dB(A)	69 dB(A)	72 dB(A)
Zona interna delante de las puertas	1,2 y 1,6	65 dB(A)	68 dB(A)	69 dB(A)	72 dB(A)
Pasillo de inter-circulación	1,6	67 dB(A)	70 dB(A)	71 dB(A)	74 dB(A)

Tabla 3. Niveles máximos de ruido cuando el Tren está circulando a velocidad constante

[END]

5.1.10 Niveles de ruido al exterior del Tren

[ID_BOG_MRO_238];

El Concesionario deberá aplicar los lineamientos y condiciones que se definen en la norma ISO 3095 para los niveles de presión acústica al exterior del Tren.

5.1.10.1 Niveles máximos de ruido cuando el Tren está parado en campo abierto

El Concesionario deberá cumplir con los límites máximos permisibles medidos en el exterior del Tren relacionados en la Tabla No. 4, cuando el Tren está parado en campo abierto para las configuraciones de funcionamiento 1 y 2.

Los indicadores utilizados para evaluar los resultados son:

- El nivel de presión acústica continua equivalente ponderado A (clasificado como LpAeq,T con T > 1min) para la configuración de funcionamiento 1.
- El nivel máximo de presión acústica con constante de tiempo SLOW ponderado A (LpAS,max) para la configuración de funcionamiento 2.

Posición	Altura del punto de medida (m) respecto al piso del Tren	Configuración 1 (LpAeq,T con T > 1min)	Configuración 2 (LpAS,max)
Frente a cada equipo a 7,5m del eje del tren	1,6	58 dB(A)	64 dB(A)

Tabla 4. Niveles máximos de ruido cuando el Tren está parado en campo abierto

[END]

[Handwritten signatures and marks]

5.1.10.2 Niveles máximos de ruido cuando el Tren está circulando a velocidad constante en sección recta

[ID_BOG_MRO_239];

El Concesionario deberá respetar los valores límite definidos en la Tabla No. 5 teniendo en cuenta los siguientes requisitos:

- El indicador utilizado es el nivel de presión acústica continua equivalente ponderado A durante el recorrido completo del Tren ($L_{Aeq,Tp}$ con Tp : tiempo de paso completo del Tren).
- Los equipos auxiliares están en configuración de funcionamiento 1.

Se deberá realizar la medición en viaducto y en campo libre.

El nivel de presión acústica continua equivalente ponderado A, debe ser medido en seis (6) recorridos válidos, es decir, sin ningún evento que afecte los niveles de ruido medidos. El valor promedio obtenido se debe comparar con los límites de la Tabla No. 5.

Posición	Altura del punto de medida (m) respecto al piso del Tren	Valor máximo admisible del nivel de presión acústico continuo equivalente ponderado A, $L_{Aeq,Tp}$	
		60 km/h	80 km/h
A 7,5m del eje de la vía	1,2	80 dB(A)	84 dB(A)

Tabla 5. Niveles máximos de ruido cuando el tren está circulando a velocidad constante en sección recta
[END]

5.1.10.3 Niveles máximos de ruido cuando el Tren está en fase de aceleración y de desaceleración

[ID_BOG_MRO_240];

El Concesionario deberá cumplir con los límites máximos permisibles indicados en la Tabla No. 6 medidos al interior del Tren, cuando el Tren esté circulando en fase de aceleración y desaceleración.

Las mediciones se realizan al interior del Tren y en todos sus Coches en las posiciones establecidas en la Tabla No 6. Dichas mediciones deberán ser realizadas en campo abierto.

El nivel de presión acústica continua equivalente ponderado A, deberá ser medido en seis (6) recorridos válidos para la fase de aceleración y seis (6) recorridos válidos en fase de desaceleración. Los recorridos son válidos cuando no se presenta un evento singular que pueda afectar los niveles de ruido medidos. El valor promedio obtenido se debe comparar con los límites de la Tabla No. 6.

Los niveles de ruido en fase de aceleración máxima en operación (desde 0 hasta 60 km/h) y desaceleración máxima en operación (desde 60 hasta 0 km/h) no deberán superar los límites máximo permisibles ($L_{pAmax,S}$) en la Tabla No. 6.

Posición	Altura del punto de medida (m) respecto al piso del Tren	Valor máximo admisible del nivel de presión acústico (LpAmax,S)
		aceleración máxima en operación desde 0 km/h hasta 60 km/h y deceleración máxima en operación desde 60 km/h hasta 0 km/h Sitio de pruebas campo abierto
Salón pasajeros	1,2	65 dB(A)
Zona interna delante de las puertas	1,2 y 1,6	66 dB(A)
Pasillo de inter-circulación	1,6	67 dB(A)

Tabla 6. Niveles máximos de ruido cuando el Tren está en fase de aceleración y de deceleración

El Concesionario deberá garantizar que la tonalidad marcada no supere los niveles máximos en los espectros de presión acústica medidos:

- Al interior del Tren cuando esté parado en estación y en fase de aceleración y desaceleración (entre 0 km/h y 60 km/h), en estación y en viaducto;
- Al exterior del Tren estacionado, en fase de aceleración y desaceleración (entre 0 km/h y 60 km/h), en campo abierto.

La tonalidad marcada se define como un espectro de nivel de presión acústica no ponderado en tercios de octava cuando la diferencia de los niveles entre una banda de tercio de octava y las cuatro bandas de tercios de octava más próximas alcanza o supera los niveles indicados en la Tabla No. 7.

Nivel máximo de diferencia por rangos de frecuencia		
Desde 63 Hz hasta 315 Hz	Desde 400 Hz hasta 1 250 Hz	Desde 1600 Hz hasta 6300 Hz
10 dB	5 dB	5 dB

Tabla 7. Niveles máximos de ruido tonal por rangos de frecuencia

[END]

5.1.10.4 Niveles máximos de ruido cuando el tren está circulando a velocidad constante en secciones con curva de radio inferior o igual a 400 m

[ID_BOG_MRO_241];

El Concesionario deberá garantizar que durante el recorrido del tren en las secciones de curvas, no se genere una aumento de los niveles de presión acústica superior a 5 dB en comparación a los niveles de presión acústica obtenidos a la misma velocidad en sección recta. Este requisito deberá ser verificado midiendo los niveles de presión acústica ponderado A, al nivel de cada curva de radio inferior o igual a 400 m.

Handwritten signatures and marks at the bottom right of the page.

El nivel de presión acústica $L_{pAeq,T}$ deberá ser medido durante el recorrido del mismo Tren en dos secciones:

- Sección 1: ubicada en alineación recta a aproximadamente 100 m de la entrada de la curva,
- Sección 2: ubicada en medio de la curva.

El nivel de presión acústica continua equivalente ponderado A medido en la sección en curva, será determinado y comparado al nivel de presión acústica continua equivalente ponderado A medido en la sección recta.

El Concesionario deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- La medida del nivel de presión acústica $L_{pAeq,T}$ en sección recta (sección 1) deberá iniciarse al momento del paso de la nariz del Tren delante del micrófono y finalizarse cuando la nariz del Tren entra en la curva;
- La medida del nivel de presión acústica $L_{pAeq,T}$ en la curva (sección 2) deberá iniciarse cuando la nariz del Tren entra en la curva y finalizarse cuando la nariz del Tren sale de la curva;
- Estas medidas deberán realizarse en todas las curvas de radio inferior a 400 m;
- El punto de medida deberá ubicarse aproximadamente a 1,6 m de altura respecto al nivel del riel, localizándose como mínimo +0,6 m por encima de la cota superior del punto exterior del tablero del viaducto (en el caso que los parapetos influyeran en la reflexión acústica con las paredes del material rodante, se deberá incluir la altura del parapeto para posicionar el punto de medición a +0,6 m por encima del mismo);
- El punto de medida deberá ubicarse a una distancia entre 5 m y 7,5 m respecto al eje de la vía;
- La distancia entre el Tren y el micrófono será idéntica para ambas secciones donde se realizan las medidas;
- No deberá existir ningún obstáculo entre el Tren y el punto de medida.

Deberán realizarse como mínimo seis (6) mediciones válidas teniendo en cuenta lo siguiente:

- Una medida de referencia deberá ser realizada durante las pruebas dinámicas del primer Tren, antes de iniciar la marcha blanca. La medida deberá verificar que el nivel de presión acústica continua equivalente ponderada A ($L_{pAeq,T}$) al momento del paso del Tren en la curva no sea superior a 5dB en comparación con la presión acústica continua equivalente ponderada A ($L_{pAeq,T}$) medida en sección recta, a la misma velocidad.
- Las mediciones deben realizarse cada año durante la Etapa de Operación y Mantenimiento. Los niveles de presión acústica equivalente ponderado A al momento del paso del Tren en la curva ($L_{pAeq,T}$) no deberán sobrepasar 2dB del nivel medido en la misma curva y a la misma velocidad respecto a la medida de referencia.

[END]

5.1.10.5 Inteligibilidad de los mensajes vocales difundidos mediante el sistema de megafonía

[ID_BOG_MRO_242];

El Concesionario deberá garantizar que el índice LTI no supere los valores indicados en cada una de las posiciones indicadas en la Tabla No. 8 en el interior del Tren, según la norma IEC 60268-16:2011 y teniendo en cuenta las siguientes características:

- Salón pasajeros: a una altura de 1,2 m respecto del piso de Material Rodante y a nivel de cada asiento a alrededor de 20 cm delante del borde superior del respaldo del asiento.
- Zona delante de las puertas: a una altura de 1,2 m y a 1,6 m y a la intersección del eje longitudinal del Coche y del eje de las puertas de acceso.

Límite de inteligibilidad los mensajes vocales de información (vía megafonía)		
Posición	Valor del LTI	
	Tren en movimiento a 80 km/h en viaducto	Tren parado en estación
Salón pasajeros	0,6	0,7
Zona delante de las puertas	0,6	0,7

Tabla 8. Límite de inteligibilidad los mensajes vocales de información

[END]

5.2 Vibraciones

[ID_BOG_MRO_243];

El Concesionario debe dar cumplimiento a los requerimientos sobre vibraciones y ruidos estructurales definidos en el Anexo 3 del Apéndice Técnico 15.

[END]

Handwritten marks and signatures at the bottom right of the page.

6. REQUERIMIENTOS ESTÉTICOS DEL MATERIAL RODANTE

6.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_244];

El diseño del Material Rodante deberá responder a una imagen contemporánea pero donde prime la funcionalidad y la comodidad del pasajero.

En cuanto a los colores, el objetivo es lograr identidad de sistema y orientación intuitiva para los usuarios, utilizando como punto de partida la paleta que utiliza Transmilenio, tanto para el exterior de los Trenes, como para los planos interiores, silletería y demás elementos interiores. No obstante, la imagen de los Trenes deberá incluir los grafismos y los colores que reflejen la imagen institucional que tendrá la PLMB, la cual será provista por la EMB, donde jugará un papel importante la puesta en valor de las montañas orientales. El manual de imagen del Metro será provisto por la EMB dentro de los seis (6) meses siguientes a la firma del Contrato.

Dentro de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, el Concesionario deberá presentar mínimo tres soluciones estéticas para exteriores y tres para los interiores de los Coches. Estas propuestas estarán expresadas digitalmente en 3D- Cad de última generación.

[END]

6.2 Colores Exteriores de los Trenes

[ID_BOG_MRO_245];

Para el diseño gráfico de los exteriores se consideran tres elementos diferentes: máscara frontal, paneles laterales y cubierta superior.

El color principal y predominante de los Trenes será el Rojo Puro - Pantone 186C. El resto del diseño podrá tener los colores que hacen parte de la carta de colores del sistema, que presenta el cuadro siguiente, más los colores y grafismos de la imagen institucional del Metro de Bogotá.

CARTA DE COLORES - SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO

MUESTRAS	COLOR	PANTONE	PINTURA
	Troncal	Pantone 186 C	RAL 3028 Rojo Puro
	Negro	Pantone Black C	RAL 9011 Negro grafito
	Amarillo franja superior	Pantone 116C	
	Amarillo	Pantone Yellow C	RAL 1018 Amarillo de zinc
	Blanco	---	RAL 9016 Blanco tráfico
	Plateado	Pantone 877 C	
	Verde 1	Pantone 575 C	
	Verde 2	Pantone 377 C	
	Verde 3	Pantone 583 C	
	Urbano	Pantone 7469	RAL 5017 Azul tráfico
	Alimentador	Pantone 349 C	RAL 6029 Verde menta
	Complementario	Pantone 165 C	RAL 2004 Naranja puro
	Especial	Pantone 202 C	RAL 2003 Rojo rubí
Muestra	Referencia		
	Franja reflectiva Amarilla Conspicuity Grado Diamante o equivalente		

El Coche delantero deberá ser de forma estéticamente agradable y su acabado a un alto nivel de la norma UIC 842.

- La máscara frontal tendrá el color predominante en el 80% de la superficie.
- Las paredes laterales tendrán el color predominante en el 60% de la superficie.
- Las cubiertas tendrán el color predominante en el 50% de la superficie

Las partes de la superficie que no sean pintadas podrán estar expuestas, siempre y cuando cumplan con las exigencias de protección contra la corrosión definidas en el presente Apéndice Técnico.

[END]

6.3 Colores Interiores de los Trenes

[ID_BOG_MRO_246];

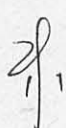
Los colores y los diseños de las áreas interiores del Tren deberán compensar su forma lineal, con una distribución apropiada de la temperaturas y tonos, para reducir la profundidad de campo del interior, generar sensación de amplitud y reducir el aspecto de corredor longitudinal.

- Paredes y cielos: Gama de colores claros que favorezcan la percepción de amplitud, excepción hecha de la franja inferior.
- Piso: Gama oscura para minimizar percepción de suciedad y facilitar el aseo. Esta gama aplica a una franja inferior a lo largo de las paredes laterales, con altura no menor a los Veinte (20) centímetros.

Se exceptúan de los anteriores colores los elementos metálicos con acabados finos al tacto, que podrán estar expuestos sin recubrimiento.

[END]

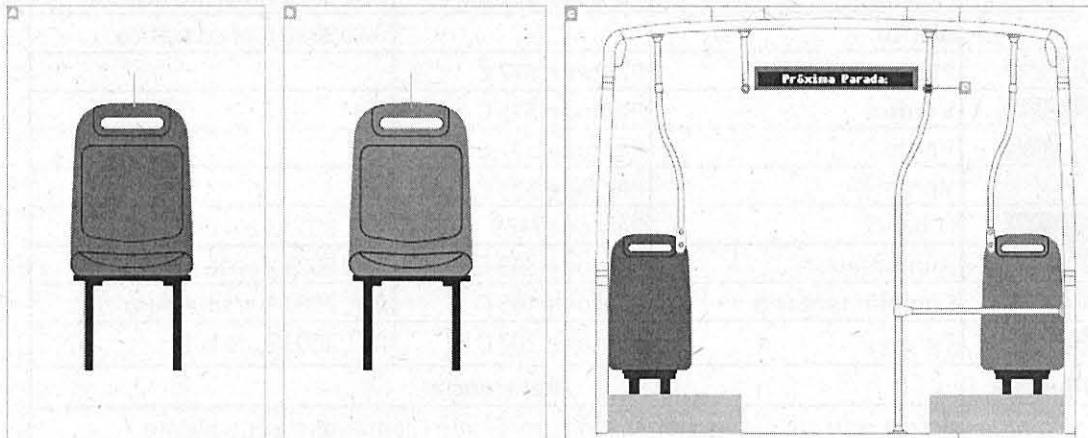





6.4 Silletería y Amoblamiento Interior

[ID_BOG_MRO_247];

Los elementos interiores de los Trenes que tengan la misma funcionalidad que en los buses BRT, deberán utilizar la guía de colores de Transmilenio, para facilidad de los usuarios del sistema integrado. Los colores de los elementos diferentes podrán proponerse libremente.



CARTA DE COLORES - SILLERÍA - SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO

MUESTRAS	COLOR	PANTONE	C	M	Y	K
	Azul Preferente	Pantone Blue 294 C	100	68	7	30
	Amarillo	Pantone Yellow C	0	0	100	0
	Troncal	Pantone 186 C	7	97	86	0
	Azul	Pantone Blue 072 C	100	80	0	30
	Gris medio	Pantone 423 C	0	0	0	40

[END]

6.5 Tipografía

[ID_BOG_MRO_248];

La tipografía a utilizar es la del SITP, que se señala a continuación.

TransMilenio

Futura Bold Condensed
Tracking 150

Urbano

Futura Bold Condensed
Tracking 150

TransMilenio

Futura Bold Condensed
Tracking 150

Complementario

Futura Bold Condensed
Tracking 150

Especial

Futura Bold Condensed
Tracking 150

[END]

6.6 Olor y Contacto

[ID_BOG_MRO_249];

El Tren será diseñado para evitar la retención de líquidos en cualquier área del salón de pasajeros.

Los equipos del Tren no deberán tener partes que puedan emanar productos tóxicos, como solventes, fibras, amoníaco o similares.

Los materiales no deberán liberar olores desagradables.

La sensación al tacto de los revestimientos no deberá ser agresiva táctil y térmicamente.

No se deberán utilizar telas ni felpas en los asientos.

[END]

6.7 Modelación 3D

[ID_BOG_MRO_250];

Cada una de las tres (3) alternativas de diseño exterior que debe proponer el Concesionario, expresadas en 3D-Autocad, debe incluir un Tren completo, el detalle de un Coche típico y el del Coche delantero. El Tren deberá estar representado con puertas de pasajeros abiertas y cerradas y con la configuración de ventanas propuestas.

En las tres (3) alternativas de diseño interior, el Concesionario deberá expresar la ubicación de los asientos, equipos para PMR, pasamanos y equipos que aseguren una interacción con los pasajeros como pantallas SIP/DDP, interfonos, cámaras, altoparlantes, la consola oculta de conducción en posición abierta, entre otras.

[END]

6.8 Maqueta de ergonomía, confort y estética

[ID_BOG_MRO_251];

Una vez la EMB adopte una de las alternativas de diseño interior y exterior, el Concesionario deberá construir la maqueta correspondiente en tamaño real, a través de la cual el Interventor y la EMB verificarán la ergonomía, confort y estética que tendrán cada uno de los Coches.

Dicha maqueta representará un Coche extremo, incluyendo desde la consola de conducción hasta la inter-circulación entre Coches, incluyendo los siguientes aspectos:

- Detalles de forma del extremo delantero;
- Montaje de los parabrisas;
- Numerador e indicador de destino;
- Disposición de los accesorios previstos al exterior del extremo;
- Consola de conducción y todos los otros equipos que se utilizarán en operación manual del Tren por los operadores.
- Puertas de acceso de pasajeros en posición abierta y cerrada;
- Disposición de las sillas y de las instalaciones destinadas a los pasajeros;
- Disposición de los pasamanos y de sus eventuales manillas;
- Disposición del sistema de ventilación y de la iluminación;
- Disposición de los extintores;

- Decoración interior del compartimiento de pasajeros (revestimientos);
- La maqueta deberá exponerse en los lugares que la EMB facilite para el efecto.

[END]

6.9 Procedimiento de Aprobación del Diseño Estético

[ID_BOG_MRO_252];

El Concesionario deberá presentar mínimo nueve (9) propuestas del diseño estético del Tren que combinen tres (3) alternativas de modelación en 3D del exterior y tres (3) del interior del Tren, dentro de los cuatro (4) Meses siguientes a la fecha en la cual la EMB le entregue al Concesionario el manual de imagen institucional.

La EMB contará con tres (3) Meses para entregar sus observaciones a las modelaciones presentadas y definir la alternativa seleccionada. Si la EMB no enviare las observaciones dentro del plazo señalado, el Concesionario elegirá el modelo definitivo dentro de las opciones por él presentadas.

Dentro del Mes siguiente a la recepción de las observaciones de la EMB, el Concesionario deberá presentar la modelación en 3D escogida, incluyendo los ajustes solicitados por la EMB, para la aprobación de la EMB; la EMB estudiará la modelación escogida y hará sus observaciones, de tenerlas, dentro del mes siguiente. Las observaciones realizadas por la EMB dentro del plazo señalado deberán ser implementadas por el Concesionario en la maqueta física que elabore.

A partir del vencimiento del término anterior para observaciones de la EMB, el Concesionario contará con cuatro (4) Meses para presentar la maqueta a la EMB, en el sitio definido por esta en la ciudad de Bogotá; una vez presentada la maqueta, la EMB contará con dos (2) Meses para formular las observaciones que considere pertinentes. Recibidas dichas observaciones, el Concesionario deberá implementarlas dentro de los Estudios y Diseños de Detalle Principales.

[END]

7. REQUISITOS RAMS

7.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_253];

El Concesionario deberá cumplir con los requerimientos e indicadores RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) para el Material Rodante, que se definen en el Apéndice Técnico 9.

[END]

7.2 Seguridad activa

[ID_BOG_MRO_254];

El Concesionario deberá garantizar la seguridad activa del sistema, mediante los siguientes sistemas y equipos, que deberán ser considerados como funciones de seguridad y los cuales fueron especificados en los capítulos anteriores del presente Apéndice Técnico:

- Sistema de frenos;
- Sistema de vigilancia de presencia de operador (hombre muerto);
- Sistema de enganches, que garanticen la integridad del Tren (separación de Coches);
- Dispositivo de señal de alarma y de liberador de puertas en emergencia;
- Iluminación exterior (fanales rojos y blancos);
- Iluminación de emergencia (al interior del Tren);

Adicionalmente, deberá contar con un dispositivo exterior de alarma audible (bocina) y un bucle de seguridad, que deberán cumplir, al menos, con los requerimientos señalados a continuación.

[END]

7.2.1 Dispositivo exterior de alarma audible (Bocina)

[ID_BOG_MRO_255];

Cada Coche extremo deberá estar equipado en el exterior con, por lo menos, una bocina de seguridad para avisar de la presencia del Tren cuando esté en desplazamiento, en caso de emergencia y/o de presencia de personas en la vía.

Su accionamiento será posible desde la consola de conducción y desde el sistema CBTC.

Se deberá utilizar conforme las reglas de tránsito de ferrocarriles y a la norma UIC 644.

El nivel de sonido generado en una distancia de 1 m desde el extremo del Tren y a lo largo central de la vía en dirección del viaje deberá ser de 120 dBA +10/-10.

[END]

7.2.2 *Bucle de seguridad*

[ID_BOG_MRO_256];

El Tren deberá disponer de bucles de seguridad con la capacidad de provocar un frenado de urgencia, al ser interrumpidos, en los siguientes casos:

- Por la activación, durante la conducción manual, del manipulador en la posición freno de urgencia;
- Por la activación del sistema hombre muerto;
- Por la activación del dispositivo de frenado de urgencia en la consola de conducción;
- Por la ausencia de bloqueo y confirmación de puerta cerrada;
- Por la activación del dispositivo de señal de alarma y de liberación de las puertas de emergencia, con el Tren detenido;
- Por la activación de una palanca de apertura de puertas con el Tren detenido.
- Por la ausencia de una señal positiva de puertas cerradas y bloqueadas.

[END]

7.3 **Seguridad Pasiva**

[ID_BOG_MRO_257];

El Concesionario deberá garantizar la seguridad pasiva del sistema, mediante los siguientes sistemas y equipos, que deberán ser considerados como funciones de seguridad y los cuales fueron especificados en los capítulos anteriores del presente Apéndice Técnico:

- Resistencia a las compresiones;
- Protección y seguridad eléctrica;
- Registro de grabación de los eventos (caja negra);
- Anti vandalismo;
- Protección y seguro contra los incendios;
- Comportamiento dinámico.

Adicionalmente, deberá contar con un sistema de protección contra incendios, que deberá cumplir, al menos, con los requerimientos señalados a continuación:

- Los Trenes deberán cumplir con la norma UIC 564-2 (Reglas para la protección contra incendios y su extinción en vehículos ferroviarios destinados al transporte de pasajeros);
- El conjunto de los materiales que componen el Tren deberán cumplir con la norma NF F 16-103 y EN 45545, por lo que se refiere a su reacción al fuego, la capacidad de producción de humo y la toxicidad de los gases emitidos;
- Los equipos eléctricos deben cumplir con las normas NF F 16-103 y EN 45545;
- Cada compartimiento de pasajeros y todos aquellos equipos o sistemas que puedan generar altas temperaturas, tales como, la cadena de tracción, el convertidor estático, etc., deberán contar con detectores de humo que, cuando se activen, envíen una alarma al CCO a través del CBTC.

Adicionalmente, el Concesionario deberá instalar extintores de incendios que cumplan con los siguientes requerimientos:

- Debe instalar por lo menos dos extintores de incendios portátiles completos tipo polvo químico seco de 6 kilos con sus respectivos medidores de presión, en cada extremo del salón de pasajeros;
- Los extintores deberán asegurarse para evitar que vibren y se desprendan de forma accidental conforme a la norma IEC 61373;
- El agente extintor de incendios deberá cumplir con el "protocolo de Montreal" y deberá ser adecuado para el uso en el salón de pasajeros, cumpliendo con la norma UIC 564-2;
- Los extintores deberán ser fácilmente identificables por medio de autoadhesivos visibles y comprensibles para todos, respetando la norma en ISO 7010;

El Concesionario deberá cumplir con las siguientes medidas de prevención contra incendios:

- Aislamiento de todos los elementos eléctricos;
- Seccionamiento por medio de particiones de bloqueo del fuego entre cofres o partes del Tren que contengan equipo eléctrico y cableado (como el techo) para limitar los riesgos de propagación del fuego;
- El espacio entre las particiones de fuego de bloqueo deberá ser a prueba de fugas.

[END]

8. FASE DE PRUEBAS, CERTIFICACIONES Y PUESTA EN MARCHA

8.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_258];

El Concesionario propondrá dentro de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, el Programa de Pruebas y las pruebas que ejecutará durante la Fase de Pruebas, Certificaciones y Puesta en Marcha.

El Programa de Pruebas deberá incluir:

- Las fechas de las pruebas señaladas por el fabricante en el plan de calidad relacionado con el Material Rodante, y las fechas en las que se entregarán los correspondientes certificados;
- Las fechas de las pruebas que, de conformidad con este Apéndice Técnico, deben incluirse en el Programa de Pruebas, y las fechas en las que se entregarán los correspondientes certificados;
- La indicación de las pruebas a las cuales, por su importancia, el Concesionario recomienda asistir al Interventor y a la EMB; sobre este particular, el Concesionario deberá organizar las pruebas por grupos, de tal forma que el Interventor y un delegado de la EMB puedan asistir a la mayor cantidad de pruebas en el menor tiempo posible; al analizar los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, el Interventor y la EMB podrán solicitar ajustes al cronograma de pruebas, con el fin de programar su asistencia a las pruebas que son de su interés; para tal efecto, se aplicará el procedimiento previsto en el Contrato de Concesión para la revisión de los estudios y diseños; en cualquier caso, el Interventor y la EMB se reservan el derecho de asistir a cualquier prueba que consideren, aunque no haya sido programada su asistencia en el Programa de Pruebas; en este caso, la EMB o el Interventor enviarán al Concesionario una notificación con al menos 10 Días de anticipación a la fecha prevista para la realización de la prueba respectiva;

Las pruebas deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Todas las pruebas, tanto aquellas que proponga el Concesionario dentro de sus Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante como parte de su plan de calidad, como aquellas que señale este Apéndice Técnico, deberán respetar lo dispuesto por este Apéndice Técnico;
- Además de las normas mencionadas para el caso de pruebas y certificaciones en otras secciones de este Apéndice Técnico, la ejecución de las pruebas a las cuales se someterá el Material Rodante deberá dar aplicación a las normas IEC 61133 y EN 50215;
- La realización o repetición de las pruebas, será bajo la cuenta y riesgo del Concesionario; en caso de que no se apruebe(n) alguna(s) de la(s) pruebas, el Concesionario deberá repetirla(s) hasta que haya obtenido un resultado aprobatorio; la repetición de estas pruebas no deberá afectar los plazos previstos en el Contrato de Concesión para la entrega del Material Rodante;
- El Concesionario deberá contar con los equipos, software, personal, así como cualquier otro elemento que sea necesario para la correcta ejecución de las pruebas, de acuerdo

con los requerimientos señalados en el Contrato de Concesión y en los Apéndices Técnicos;

- Las pruebas en vía deberán realizarse en una vía de prueba apta para llevar a cabo la prueba respectiva o en la PLMB; si a juicio del Interventor o de la EMB la vía de pruebas donde fue llevada a cabo la prueba no era apta para la correcta realización de la prueba, la prueba deberá repetirse en la PLMB.

[END]

8.2 Definición de las Pruebas

[ID_BOG_MRO_259];

El Concesionario deberá someter el Material Rodante a pruebas tipo y pruebas de serie, de conformidad con lo previsto en este Apéndice Técnico.

[END]

8.3 Programa de Pruebas

[ID_BOG_MRO_260];

El Programa de Pruebas que presentará el Concesionario junto con los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, deberá contener como mínimo, además de lo dispuesto en particular para ciertas pruebas y certificaciones en otros apartes de este Apéndice Técnico, la siguiente información:

- materiales, equipos, sistemas, entre otros, que serán sometidos a ensayos;
- categoría del ensayo (i.e. FAI, pruebas tipo, pruebas de serie, entre otros);
- requerimientos y procedimientos del ensayo;
- criterios de evaluación y éxito;
- departamentos y personas responsables de la ejecución de los ensayos;
- cronograma para la ejecución de los ensayos;
- lugar(es) donde se ejecutará(n) los ensayos;
- instrumentos y equipos que se utilizarán;
- evaluación de resultados de ensayo;
- tipo de certificado emitido;
- calificación del resultado: prueba cumplida, con reservas o no cumplida;
- programa de pruebas de recepción de los Trenes, el cual incluirá como mínimo las siguientes pruebas de tipo y pruebas de serie:
- verificación del galibo dinámico del Tren;
- pruebas de tracción y del funcionamiento de frenado en situaciones normales y degradadas;
- pruebas de los dispositivos de seguridad como radio y hombre muerto;
- pruebas de interacción riel-rueda;
- medidas del ruido en exterior e interior;
- medidas de compatibilidad electromagnética;
- pruebas de aptitud de la captación de la potencia;
- pruebas del sistema embarcado de engrase de las pestañas de rueda.

[END]

8.4 Informe de Pruebas

[ID_BOG_MRO_251];

Al finalizar cada prueba, el Concesionario deberá presentar un informe detallando las pruebas realizadas y la gestión de interfaces entre los diferentes componentes y sistemas. Este informe deberán contener, como mínimo, lo siguiente:

- nombre de la prueba realizada;
- descripción de la prueba realizada;
- fecha en la cual se realizó la prueba;
- identificación y descripción de los problemas encontrados;
- resultados de las pruebas;
- firma del ingeniero de pruebas del Concesionario y del personal o representantes de la EMB y de la Interventoría presentes durante la ejecución de la prueba;
- espacio para los comentarios de los representantes de la EMB y de la Interventoría, presentes durante la ejecución de la prueba;
- estado de cumplimiento de Especificaciones Técnicas;
- para el caso de pruebas que deban realizarse después de la presentación de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, el Concesionario deberá incluir la identificación de las desviaciones respecto al procedimiento de prueba señalado en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante;
- procedimientos de pruebas de repetición, si corresponden;
- número de revisión del Software/Hardware;
- para el caso de pruebas en vía de pruebas, el Concesionario deberá comunicar las siguientes características de la vía de pruebas del constructor del Material Rodante:
- longitud, velocidad máxima permitida, operación continua posible, limitaciones de operación de la vía;
- descripción de las pruebas tipo que no podrán realizarse en los laboratorios o en la vía de pruebas del constructor;
- lugares y entidades donde, eventualmente, se realizarán pruebas fuera de la fábrica del constructor.

[END]

8.5 Revisión y No Objeción del Informe de Pruebas

[ID_BOG_MRO_262];

Los informes de pruebas deberán presentarse por el Concesionario al Interventor dentro de los 5 Días siguientes a la fecha en que se realizó la respectiva prueba.

Una vez recibidos los informes, el Interventor podrá hacer comentarios a los resultados de las pruebas, solicitar su repetición y objetarlas, siguiendo para tal efecto el procedimiento establecido en el Contrato de Concesión para la “revisión de los Estudios y Diseños”.

Para la repetición de pruebas por solicitud del Interventor, se seguirá el procedimiento previsto en el Contrato de Concesión para el “plazo para ajustes por parte del Concesionario” a los Estudios y Diseños.

[END]

8.6 Pruebas de Verificación

[ID_BOG_MRO_263];

El Concesionario deberá verificar la validez e integridad de todos los procedimientos de operación del Material Rodante, en modos de operación normal y en fallas. Para ello, deberá realizar pruebas de verificación que incluirán, como mínimo, los siguientes procedimientos:

- verificación de operación;
- recuperación del Material Rodante;
- secuencias de apagado, inicio y operación del Material Rodante;
- procedimientos de emergencia;
- procedimientos de reparación;
- transferencia de mando desde el CCO al Material Rodante y viceversa;
- fallas de redundancia en equipos;
- otros procedimientos requeridos por la EMB o el Interventor.

Las pruebas deberán demostrar la capacidad de los sistemas del Material Rodante de recuperarse, una vez se hayan solucionado las fallas.

[END]

8.7 Pruebas Tipo

8.7.1 Pruebas tipo del Tren completo

[ID_BOG_MRO_264];

Las pruebas tipo corresponden a aquellas pruebas que serán ejecutadas sobre el primer Tren fabricado (FAI). Estas pruebas se ejecutarán con el Tren completo, sin excepción alguna.

El primer Tren deberá aprobar estas pruebas tipo previstas en el sitio del fabricante, como requisito para la fabricación y recepción de los demás Trenes.

Todas las pruebas del primer Tren se deberán terminar a satisfacción del Interventor, tanto en la línea de producción del constructor como en sitio, según corresponda, en las fechas definidas en el Programa de Prueba, y de tal forma que se eviten los procesos de modificación mayores en sitio.

[END]

8.7.2 Pruebas tipo de equipos o sistemas individuales

[ID_BOG_MRO_265];

Antes de probar el Tren completo, el Concesionario deberá realizar pruebas tipo de los equipos o sistemas individuales del Material Rodante.

Una vez el Concesionario haya obtenido los certificados por la realización de las pruebas tipo, deberá entregarlos a la EMB incluyendo, como mínimo, los certificados de pruebas de vida útil y/o de desgaste y pruebas de confiabilidad (MTBF) cuando sea aplicable a cada material, equipo, etc.

[END]

8.7.3 *Verificación de las funcionalidades y de las características generales y mecánicas de los Coches*

[ID_BOG_MRO_266];

La totalidad de las pruebas tipo que adelantará el Concesionario para la verificación de las funcionalidades y de las características generales y mecánicas de los Coches, deberán señalarse dentro de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante.

El Concesionario deberá incluir en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, como mínimo, las siguientes pruebas tipo:

- Verificación de trocha;
- Verificación de pesos;
- Estanqueidad del sistema neumático;
- Estanqueidad al agua;
- Pruebas de frenos mecánicos;
- Verificación y pruebas de los dispositivos de seguridad;
- Pruebas funcionales de equipos auxiliares;
- Pruebas funcionales del sistema de ventilación;
- Pruebas en vía de prueba;
- Mediciones de ruido;
- pruebas de resistencia a la rodadura;
- verificación revestimientos protectores

[END]

8.7.4 *Verificación de las funcionalidades y de las características eléctricas de los Coches*

[ID_BOG_MRO_267];

La totalidad de las pruebas tipo que adelantará el Concesionario para la verificación de las funcionalidades y de las características eléctricas de los Coches, deberán señalarse dentro de los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante.

El Concesionario deberá incluir en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante, como mínimo, las siguientes pruebas tipo:

- Pruebas dieléctricas con tensión;
- Ensayo continuidad circuito de retorno;
- Verificación de puesta a tierra;
- Pruebas dieléctricas con onda de impulso;
- Pruebas funcionales y de operación de componentes auxiliares;
- Pruebas funcionales de disyuntores e interruptores;
- Verificación de circuitos de control y auxiliares;
- Verificación de circuitos de mando (tracción / frenado);
- Pruebas funcionales del sistema de monitoreo de fallas;
- Pruebas de arranque y aceleración;
- Pruebas del sistema anti patinaje y antibloqueo;
- Verificación del circuito de batería / cargador;
- Ensayo de corto circuito de línea;

- Verificaciones del sistema de iluminación.

[END]

8.7.5 Pruebas realizadas en el taller y en la línea de la PLMB para el primer Tren

[ID_BOG_MRO_268];

La totalidad de las pruebas tipo que adelantará el Concesionario en el taller y en la línea de la PLMB para el primer Tren, deberán señalarse dentro de los Estudios y Diseños de Detalle Principales.

El Concesionario deberá incluir en los protocolos de pruebas elaborados durante Estudios y Diseños de Detalle Principales, como mínimo, las siguientes pruebas tipo:

- Pruebas de funcionamiento;
- Ensayo de rodadura en curvas y en cambio de pendiente;
- Pruebas de arranque y aceleración;
- Ensayo empuje de "Tren averiado";
- Pruebas de Tren con fallas parciales;
- Verificaciones en el puesto mando y en el compartimiento de pasajeros;
- Pruebas de dispositivos de seguridad;
- Pruebas de seguridad de rodadura;
- Pruebas de toma corriente;
- Pruebas de interrupción de tensión de alimentación;
- Ensayo de consumo de energía;
- Ensayo de programa de operación;
- Pruebas de calentamiento;
- Pruebas de accesibilidad a los equipos para su mantenibilidad,
- Pruebas de aislamiento térmico;
- Medición de ruidos;
- Pruebas de cortocircuito y sobrecarga (lado Tren);
- Las medidas de compatibilidad electromagnética;
- Verificaciones y pruebas de niveles de tensión de las redes a bordo;
- Medición de interferencias en lado red de alimentación y lado circuitos de vía, ATP, equipos de comunicación;
- Ensayo de calidad de rodadura.

Al final de las pruebas tipo, dentro de las fechas señaladas en el Programa de Pruebas, el Concesionario deberá presentar al Interventor la certificación de conformidad de las pruebas tipo, anexando toda la información necesaria, para dar inicio al procedimiento de no objeción de estas pruebas por parte del Interventor.

[END]

8.8 Pruebas Serie

[ID_BOG_MRO_269];

Para los equipos o sistemas del Material Rodante, las pruebas serie deberán ser sistemáticas o estadísticas.

Deberá realizarse en cada Tren una verificación del cumplimiento de los requisitos principales, ya verificados en las pruebas tipo y su cumplimiento en cada uno de los Trenes de la flota.

Las distintas pruebas serie se aplicarán en los siguientes lugares:

1. Pruebas en fábrica y en vía de pruebas del Concesionario:
 - Pruebas y ensayos mecánicos y eléctricos de materiales, componentes y subsistemas;
 - Pruebas funcionales de equipos auxiliares y principales y de características generales, mecánicas y eléctricas de los Coches.
2. Pruebas en los talleres y en la línea de la PLMB:
 - Pruebas en taller;
 - Pruebas en la vía de pruebas;
 - Pruebas en la línea;
 - Pruebas de recepción y puesta en servicio.
3. Verificaciones de aceptación funcional antes de la puesta en servicio.

Las normas que deberán aplicarse serán la IEC77 y la IEC165.

[END]

Disposiciones particulares para las pruebas de serie

[ID_BOG_MRO_270];

La EMB se reserva el derecho de estar presente mediante personal propio o a través de un representante, en todas las pruebas de tipo y de serie en fábrica y en todas las pruebas serie realizadas en Bogotá.

Durante las pruebas serie, cada vez que un Tren o un equipo presente una falla, esta deberá quedar registrada mediante una ficha de anomalía, para su posterior seguimiento y trazabilidad.

El seguimiento y la resolución de la falla estará a cargo del Concesionario. Esta ficha será cerrada y la solución deberá ser aprobada por la EMB o su representante.

El formato de esta ficha de anomalía deberá ser aprobada por la Interventoría o la EMB.

[END]

8.8.1 Pruebas estáticas del Tren

[ID_BOG_MRO_271];

Como pruebas serie, las pruebas estáticas del Tren se realizarán para verificar si el Tren se puede utilizar y mover con seguridad. Se realizarán en la fábrica del constructor.

Las pruebas estáticas del Tren incluirán como mínimo:

- Pruebas de los dispositivos de seguridad como radio, hombre muerto, etc;
- Pruebas de equipos y componentes de tracción;
- Pruebas de peso;
- Pruebas de estanqueidad de las cajas, cofres y de las puertas;
- Pruebas dieléctricas;
- Pruebas de funcionamiento de los frenos;

- Pruebas del cargador de batería;
- Pruebas de los dispositivos auxiliares y sistemas de comunicación (iluminación, ventilación, suministro de aire, megafonía, sistema de información pública, entre otros);
- Pruebas de funcionamiento de las puertas;
- Pruebas estáticas de ruido y de vibraciones.

[END]

8.8.2 Pruebas dinámicas en la vía de pruebas del constructor

[ID_BOG_MRO_272];

Como pruebas serie, el Concesionario deberá realizar pruebas dinámicas de los Trenes en vía de pruebas para verificar que el comportamiento dinámico de cada Tren sea correcto y que cumpla con las Especificaciones Técnicas.

Estas pruebas integrarán pruebas dinámicas y pruebas de interface con el CBTC. El primer ciclo de pruebas dinámicas de los Trenes en vía de prueba deberá incluir como mínimo:

- Las pruebas de verificación del gálibo dinámico del tren;
- Las pruebas de interacción riel-rueda;
- Las pruebas de comprobación de los desempeños de aceleración y frenado en situaciones normales y degradadas;
- Las pruebas de confort para la verificación de los niveles de vibración, ruido y jerk;
- Las pruebas de comportamiento dinámico según la norma UIC-518;
- Las pruebas de aptitud de la colección de la potencia;
- Las pruebas de consumo máximo del Tren;
- Las pruebas de integración dinámica con el sistema CBTC;
- Las pruebas del sistema de detección de obstáculo.
- Las pruebas del sistema embarcado de engrase de las pestañas de rueda.

[END]

[ID_BOG_MRO_273];

Como la vía de prueba no reproduce exactamente las condiciones de circulación de los Trenes en la PLMB, el primer ciclo de pruebas dinámicas deberá repetirse en el sitio de la PLMB para comprobar los comportamientos dinámicos de los Trenes en condiciones reales de la PLMB.

Al final de las pruebas serie, dentro de las fechas señaladas en el Programa de Pruebas, el Concesionario deberá presentar al Interventor la certificación de conformidad de las pruebas serie, anexando toda la información necesaria, para dar inicio al procedimiento de no objeción de estas pruebas por parte del Interventor.

[END]

8.9 Pruebas de Recepción

8.9.1 Pruebas en el Sitio de Bogotá

[ID_BOG_MRO_274];

Las pruebas de recepción señaladas en el Programa de Pruebas, se deberán realizar en las vías de la PLMB para verificar los funcionamientos dinámicos requeridos y su cumplimiento de las Especificaciones Técnicas.

Las pruebas de recepción se deberán realizar bajo las condiciones menos favorables y más representativas de la línea principal, esto es, con una pendiente máxima de 2,5 % y radio mínimo de 200 m.

Las pruebas de recepción del Material Rodante serán programadas por el Concesionario, bajo su total responsabilidad, en las fechas previstas en el Programa de Pruebas y a las mismas asistirán el Interventor y la EMB.

[END]

8.9.2 Pruebas de integración con subsistemas en Interface

El Concesionario tiene la responsabilidad de emitir todos los protocolos de pruebas, los cuadernos de pruebas de instalación, los cuadernos de pruebas de sistemas y pruebas de integración (control de las interfaces entre sistemas) que definirán:

- El alcance de cada prueba dinámica;
- Los recursos y condiciones previas que se requieren;
- Los objetivos de las pruebas y los criterios asociados de diseño y funcionamiento que deben probarse;
- Los criterios de aprobación y suspensión de la prueba;
- Las consideraciones de seguridad a aplicar durante las pruebas dinámicas;
- La realización de las pruebas dinámicas conforme al calendario de pruebas.

El Concesionario deberá asegurar la programación, la realización y la verificación de las pruebas con los subsistemas en interface como, al menos, los siguientes:

- Vías férreas,
- Tercer riel,
- Alimentación de energía de tracción,
- CBTC,
- Radiocomunicaciones.

8.9.3 Recorridos Preoperacionales

[ID_BOG_MRO_275];

Como requisito para llevar a cabo los recorridos preoperacionales, el Concesionario deberá haber obtenido la no objeción del Interventor a las pruebas tipo y a las pruebas serie. Los recorridos preoperacionales deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- El primer Tren deberá realizar un recorrido preoperativo de un mínimo de 5 000 km; 50% de este recorrido preoperativo deberá realizarse en una vía de prueba escogida por el fabricante y el 50% restante en la PLMB; los demás Trenes deberán realizar recorridos preoperativos de 2500 Km en la PLMB.;

- Como mínimo el 80% del recorrido preoperativo deberá realizarse en modo UTO, es decir, bajo control del sistema CBTC, sin conductor;
- Si durante los recorridos preoperativos ocurre una falla de las siguientes categorías, el Tren deberá reinicializar desde 0 su recorrido preoperativo:
 - descarrilamiento del Tren por pérdida de equipo o componente del Tren en la vía;
 - defectos de los sistemas embarcados del CBTC con afectación del nivel de seguridad (por ejemplo: pérdida de captor o antena, pérdida de la redundancia de los sistemas CBTC, etc.);
 - defectos de los equipos de tracción o frenado que generen una parada del Tren superior a 30 minutos;
 - defectos recurrentes sobre un subsistema que genera incidentes de operación de duración superior a 5 minutos (fallas de los equipos de tracción y frenado o fallas de los sistemas de las puertas de acceso a pasajeros).

[END]

8.9.4 Aceptación de las pruebas de recepción

[ID_BOG_MRO_276];

Al terminar los recorridos preoperacionales, dentro de las fechas señaladas en el Programa de Pruebas, el Concesionario deberá presentar al Interventor para dar inicio al procedimiento de no objeción de la recepción, la certificación de conformidad de las pruebas de recepción, anexando toda la información necesaria.

Si una vez entregada la certificación de conformidad de las pruebas de recepción, el Interventor encuentra que el Tren está sustancialmente listo en cuanto a su estado de seguridad y de funcionamiento para el servicio comercial, pero faltan algunos detalles menores para que cumpla a cabalidad con las Especificaciones Técnicas, el Interventor podrá otorgar una no objeción para recepción provisional, e indicar al Concesionario el listado de pendientes que debe solucionar, junto con el plazo para ello, con el propósito de otorgar su no objeción a la recepción definitiva. El plazo otorgado por el Interventor no será menor a tres meses.

Al terminar el plazo otorgado por el Interventor para la solución de los pendientes, el Concesionario deberá presentar al Interventor evidencia suficiente de que los pendientes fueron solucionados, para dar inicio al procedimiento de no objeción de la recepción definitiva.

[END]

9. CAPACITACIÓN

9.1 Generalidades

[ID_BOG_MRO_277];

Junto con los Estudios y Diseños de Detalle del Material Rodante, el Concesionario deberá presentar un programa de capacitación (teórica y práctica) para personal del operador, el cual cubrirá todos los aspectos técnicos de operación y de mantenimiento que permitan al personal asegurar el correcto funcionamiento del sistema. El programa de capacitación estará sujeto al procedimiento de no objeción previsto en el Contrato de Concesión para los Estudios y Diseños de Detalle Principales.

La capacitación para la operación se realizará bajo la responsabilidad del Concesionario. Esta deberá considerar todos los aspectos de la operación del sistema completo, considerando los casos nominales, de emergencia y de respaldo.

Todos los cursos de capacitación se basarán en, y deberán ser totalmente compatibles con, los procedimientos y reglamentos de operación y con la documentación establecida en los Estudios y Diseños de Detalle Principales del Material Rodante.

Las capacitaciones deberán ofrecer los recursos apropiados para permitir la transferencia de conocimiento al Operador, para operar y mantener el Material Rodante con total seguridad y con la mayor eficacia posible.

Para ello, el Concesionario deberá disponer de una serie de instructores, material de capacitación, documentos y demás accesorios necesarios para la capacitación del personal del Operador y proporcionará a todos los participantes la documentación pedagógica relativa a dicha formación. El idioma de los cursos y documentación presentada será en español.

Los cursos tendrán un carácter teórico-práctico, de forma que, además de dar las informaciones teóricas correspondientes, se harán demostraciones prácticas sobre los Trenes o en su caso, sobre los diversos equipos, sistemas y componentes de los mismos por separado o montados sobre bancos de pruebas.

Con el objetivo de garantizar que los contenidos de la capacitación elaborada por el Concesionario son los adecuados para el personal implicado, se acordarán con suficiente antelación los diversos aspectos de cada uno de los cursos entre los representantes técnicos del Concesionario y los responsables técnicos y operativos del Operador implicados en el proceso de capacitación (operación, mantenimiento, métodos, recursos humanos, etc.).

A tal efecto y para su correcta ejecución, el Concesionario deberá elaborar fichas técnicas que contengan al menos los siguientes aspectos:

- Descripción de cada curso;
- Cronograma de cada curso;
- Perfiles profesionales a los cuales se destina la capacitación;
- Número aproximado de asistentes por grupo, y número de grupos;
- Objetivos, contenido (temario) y duración de cada curso;
- Metodología recomendada, documentación y material didáctico.

Por la importancia de la documentación que ha de acompañar la capacitación teórico-práctica, antes del inicio de los cursos, el Concesionario presentará el manual de cada acción formativa al Interventor, para que éste proceda a su verificación.

Dada la particularidad de los procesos de operación y mantenimiento y de las categorías del personal de operación y mantenimiento, será necesario que el Concesionario realice diversas ediciones de cada curso.

Los cursos se impartirán en las instalaciones del Concesionario y, cuando corresponda, en la infraestructura de la PLMB y en las fábricas del Concesionario o de sus proveedores.

Posteriormente a una capacitación básica sobre el Material Rodante, se deberán aprovechar los periodos de pruebas en fábrica para que el personal de operación y de mantenimiento asista a las pruebas en fábrica de los Trenes.

Se aprovechará este periodo para que el personal participe a las pruebas en modos degradados y practique los procedimientos de operación y mantenimiento asociados.

En cada caso, el Concesionario aportará personal con experiencia, conocimientos y titulaciones requeridas para actividades de este tipo.

[END]

9.2 Capacitación para el personal

[ID_BOG_MRO_278];

Para todos los equipos del sistema, el Concesionario tendrá la responsabilidad de programar y de suministrar la capacitación (teórica y práctica) para todo el personal de la PLMB, la cual cubrirá aspectos técnicos que aseguren el correcto funcionamiento y la operación de los mismos para un mantenimiento preventivo y correctivo.

La certificación de la capacitación del personal encargado de la operación y el mantenimiento será de plena responsabilidad del Concesionario, el que bajo ningún concepto podrá argumentar impericia o falta de conocimiento de ese personal, en caso de intervenciones erróneas que afecten los indicadores RAMS, los Indicadores de Operación y Mantenimiento o, de alguna manera, impliquen un incumplimiento del Contrato de Concesión por parte del Concesionario.

[END]

9.3 Simulador de conducción y averías

[ID_BOG_MRO_279];

El Concesionario deberá suministrar un simulador de conducción y averías cuyo objetivo fundamental será proporcionar una herramienta destinada a la capacitación de los futuros operadores de Trenes en la conducción (en modo manual en línea en caso de emergencia o en el sitio del Patio-Taller), en la resolución de averías de primer nivel y el manejo de algunos equipos embarcados, aplicando las reglas y procedimientos operacionales establecidos, tanto en las vías principales, zonas de maniobras, ramal técnico y Patio-Taller.

Handwritten marks: a large circle, the letters "SE", a signature, and the letter "R".

La herramienta facilitará un entorno dinámico y libre de riesgos que permita reproducir de forma controlada todas las situaciones que requieran ser ejercitadas. Las funciones o situaciones simuladas deberán ser, como mínimo, las siguientes:

- Procesos de conducción de Trenes con la tecnología instalada y condiciones de circulación simuladas;
- Manejo de los equipos embarcados;
- Generación y resolución de incidentes que se pueden producir en la línea, talleres y Cocheras, incluyendo las operaciones de socorro de un Tren;
- Generación y resolución de las averías que pueden ocurrir en los equipos y sistemas que componen el material rodante;
- Protocolos de actuación y/o comunicación en situación nominal y en caso de avería o incidente;
- Monitoreo y evaluación del personal durante su capacitación para su posterior certificación.

Para poder cumplir con los objetivos y funciones indicadas anteriormente, el simulador deberá tener, por lo menos, las siguientes condiciones básicas:

[END]

9.3.1 Realismo y flexibilidad,

[ID_BOG_MRO_280];

El simulador deberá:

- Ofrecer toda la variedad necesaria en la creación de escenarios y situaciones reales, a las cuales se pueden enfrentar el personal de operación y mantenimiento, tanto en condiciones espaciales como temporales, y tanto en condiciones normales como ante un incidente o avería;
- Permitir la simulación de situaciones poco frecuentes o de una complejidad especial; deberá ser capaz de recrear aquellos contextos y protocolos de operación poco frecuentes en la operación nominal, situaciones que resulten críticas por su dificultad de gestión, situaciones que generen un riesgo a pasajeros, equipos y/o infraestructura, y situaciones que resulten complejas a realizar con Trenes reales;
- Deberá ser capaz de adaptarse a nuevas situaciones mediante la combinación de los atributos y elementos simulados, así como de los diferentes estados, escenarios, contextos y funcionamientos a que estos pueden verse sometidos;
- Deberá ser capaz de adaptarse a distintos niveles de capacitación de operadores en base a niveles de conocimientos y objetivos de capacitación predefinidos, acordados con el operador.

[END]

9.3.2 Facilidad de actualización y escalabilidad:

[ID_BOG_MRO_281];

El sistema deberá permitir la incorporación de cualquier modificación o actualización que se produzca en los elementos integrados en los sistemas de simulación, tanto hardware como software, en función de las posibles actualizaciones que se produzcan en los componentes del Material Rodante y/o en las infraestructuras u operación de la línea;

Esta condición deberá cumplirse de forma escalable, es decir que el simulador deberá estar diseñado y construido de forma que la incorporación de dichas actualizaciones se pueda realizar fácilmente, de forma única para la totalidad de las modificaciones realizadas, o de forma secuencial incorporando cada modificación de acuerdo con las necesidades del operador, siempre manteniendo el funcionamiento y uso normal del simulador;

Las actualizaciones deberán ser ejecutadas en un plazo definido con la EMB, según la magnitud y complejidad de estas.

[END]

9.4 Personal implicado

[ID_BOG_MRO_282];

Se realizarán dos tipos de cursos, en función de las áreas de actividad del personal encargado de la operación y mantenimiento del Material Rodante de la PLMB:

- Para el personal de operación (conductores de taller, asistentes de estaciones y operadores de tráfico del CCO);
- Para el personal de mantenimiento y personal del departamento técnico correspondiente.

En el caso del personal de operaciones, se formará previamente a los instructores internos del operador que, con posterioridad, se encargaran de la capacitación teórica-práctica de los operadores.

[END]

9.5 Programa de Capacitación

Cursos para el personal de operación

[ID_BOG_MRO_283];

La capacitación del personal de operación será dirigida a los asistentes de estación, a los asistentes de operación encargados de la conducción de los Trenes en línea en caso de avería y a los operadores de tráfico del CCO.

Los cursos se dictarán durante la Fase de Construcción y antes de la salida de fábrica del primer Tren, con el objeto de poder llevar a cabo las pruebas tipo en línea con conductores autorizados administrativamente. La parte teórico-práctica se deberá hacer en 2 ciclos que tendrán, cada uno, una duración mínima de diez Días y deberán incluir, como mínimo, el siguiente temario:

- Conocimiento general del Material Rodante y de sus órganos funcionales;
- Profundización en los equipos de tracción y freno;
- Conocimientos del resto de los equipos y componentes principales;
- Conducción de los Trenes y actuaciones previstas antes las diversas situaciones;
- Conducción en modos degradados (sin freno eléctrico, sin una cadena de tracción, con un bogie aislado, sin información de una puerta, con CBTC degradado, con CBTC limitado, sin comunicación de CCTV.); el fabricante del Material Rodante deberá proponer una lista de modos degradados de funcionamiento;
- Resolución de averías de primer nivel; el fabricante del Material Rodante deberá presentar un documento con las posibles averías de “primer nivel” y cómo resolverlas

(procedimiento a seguir, comprobaciones a realizar, acciones a distancia, personal necesario, tiempo mínimo de actuación, herramientas y útiles necesarios, etc.);

- La parte práctica tendrá lugar en la vía de pruebas del Patio-Taller y en la línea principal, una vez las condiciones de circulación de Trenes en modo nominal sean reunidas.

A los asistentes al curso les deberá ser entregado un ejemplar del manual de conducción en versión provisional, en el caso de que no esté definido el manual definitivo.

[END]

Curso para personal de mantenimiento y personal del departamento técnico correspondiente

[ID BOG MRO 284];

Se deberá impartir un primer curso de carácter general y descriptivo sobre el Material Rodante, destinado al personal de mantenimiento de Trenes y al personal técnico que se encuentre implicado en este servicio, con el objeto de ofrecer una visión de conjunto de las características, componentes y equipos del Material Rodante. Cada edición de este curso tendrá una duración mínima de dos (2) semanas. Este curso deberá tener el siguiente contenido mínimo:

- Conocimiento general del Material Rodante, principios de funcionamiento, diagramas funcionales;
- Ubicación y accesibilidad de los diferentes equipos;
- Conocimiento de las instalaciones sobre Tren (neumática, eléctrica, etc.);
- Consistencia del mantenimiento preventivo y correctivo, especificación de productos consumibles;
- Procedimientos y útiles para montajes y desmontajes;
- Investigación y diagnóstico de averías;
- Pruebas funcionales posteriores a las acciones de mantenimiento;
- Descripción funcional de los esquemas eléctricos;
- Puesta en marcha de Trenes, funcionamiento de elementos de la consola de conducción manual, descripción de las diferentes marchas.

Con posterioridad se impartirán dos tipos de cursos, que corresponden a dos aspectos distintos del mantenimiento:

- Uno destinado al personal de mantenimiento menor y a los técnicos del departamento encargado de la actualización de métodos de mantenimiento (revisiones, averías, visitas de seguridad, etc.);
- Uno destinado al personal de mantenimiento mayor, al personal especialista de mantenimiento menor y a los técnicos del departamento encargado de la actualización de métodos de mantenimiento, sobre cada uno de los equipos, sistemas y componentes del Material Rodante.

Los cursos de mantenimiento deberá incluir contenidos relativos a:

- Modos degradados de funcionamiento de equipos y sistemas del CBTC, etc.;
- Comprobaciones para poder resolver averías de primer nivel;
- Procedimientos de seguridad para la realización del mantenimientos (riesgo eléctrico y mecánico).

- Procedimientos de revisión y mantenimiento de primer nivel;
- Captación de energía, disyuntores, puestas a tierra y protecciones;
- Equipo de tracción y frenado eléctrico;
- Equipo de supervisión del Tren y sistema de diagnosis de anomalías;
- Equipo CBTC;
- Equipos de generación de energías auxiliares;
- Equipo neumático y de freno mecánico;
- Conjunto de accionamiento de puertas;
- Equipo de información al viajero y de registro de recorrido;
- Equipos embarcados de CCTV y TV a bordo;
- Sistemas de comunicaciones;
- Alumbrado exterior e interior;
- Bogies, transmisiones y dispositivos de frenado;
- Enganches, elementos mecánicos y conexiones automáticas;
- Caja, interiorismo, elementos de confort.

[END]

9.6 Material de formación

[ID_BOG_MRO_285];

En todos los cursos se deberá entregar a cada asistente un ejemplar del manual operación o de mantenimiento.

Asimismo, se deberá entregar la documentación y material didáctico empleado por los instructores, a fin de facilitar posibles acciones formativas internas que se deseen impartir con posterioridad.

Los manuales, la documentación y el material didáctico tendrán que ser redactados en idioma español en todo su conjunto.

Este material se especificará en las fichas didácticas citadas anteriormente.

[END]

