A large, thick red curved line sweeps across the top and bottom of the page, framing a central white area.

# **PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA ADQUISICIÓN DE 42 TRENES PARA LAS LÍNEAS 1 Y 3**

**2019**

<b>1</b>	<b>CONDICIONES GENERALES</b>	<b>9</b>
1.1	OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES	9
1.2	CONSIDERACIONES GENERALES	9
1.3	OFERTAS	11
1.4	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	11
1.5	CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS	11
1.5.1	Características de la vía ancho L3	12
1.5.2	Características de la vía ancho L1	13
1.5.3	Suministro de energía	13
1.5.4	Condiciones climatológicas	15
1.6	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SERVICIO	15
1.6.1	Dimensiones	15
1.6.2	Composición de los trenes	16
1.6.3	Aceleraciones y deceleraciones	16
1.6.4	Velocidades	18
1.6.5	Compatibilidad electromagnética	18
1.6.6	Modos de conducción	19
1.7	NORMATIVA	19
1.8	ACCESIBILIDAD UNIVERSAL	20
1.8.1	Puertas acceso pasaje	21
1.8.2	Puertas accesibles	22
1.8.3	Barras y asideros	22
1.8.4	Asientos reservados	22
1.8.5	Espacio reservado para pasajeros en silla de ruedas	22
1.8.6	Suelo del vehículo	24
1.8.7	Información para pasajeros con discapacidad sensorial	24
1.8.8	Acondicionamiento exterior	24
1.8.9	Paneles luminosos interiores	24
<b>2</b>	<b>ESPECIFICACIONES SOBRE EL MATERIAL MÓVIL</b>	<b>25</b>
2.1	TOMA DE CORRIENTE Y LÍNEA PRINCIPAL (A)	29
2.1.1	Pantógrafos	29
2.1.2	Disyuntor	30
2.2	PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA (B)	32
2.2.1	Suministro y generación de baja tensión	32
2.2.1.1	Batería	32
2.2.1.2	Cargador de baterías	34
2.2.1.3	Convertidores estáticos. Características y requisitos generales	35
2.2.2	Aparellaje eléctrico	41

2.2.2.1	Cables y canalizaciones .....	41
2.2.2.2	Paso eléctrico entre coches.....	43
2.2.2.3	Seccionadores de unidades.....	43
2.2.2.4	Conectores .....	43
2.2.2.5	Relés de maniobra.....	44
2.2.2.6	Tomas de 220V AC .....	45
2.2.3	<i>Faros y pilotos externos.....</i>	45
2.2.4	<i>Circuitos y dispositivos de seguridad .....</i>	47
2.2.4.1	Lazo de tracción .....	47
2.2.4.2	Lazo de freno.....	48
2.2.4.3	Seta de emergencia.....	49
2.2.4.4	Pulsadores de anulación de protecciones .....	50
2.2.4.5	Tiradores de alarma.....	51
2.2.4.6	Central de Registro (Caja Negra) .....	52
2.2.4.7	Detección de incendios.....	57
<b>2.3</b>	<b>PUESTO DE CONDUCCIÓN (C) .....</b>	<b>58</b>
2.3.1	<i>Acceso al puesto de conducción .....</i>	61
2.3.2	<i>Elementos del puesto de conducción.....</i>	62
2.3.3	<i>Asiento del conductor .....</i>	65
2.3.4	<i>Iluminación Puesto de conducción .....</i>	66
2.3.5	<i>Ergonomía del puesto de conducción .....</i>	66
2.3.6	<i>Armarios de dotación.....</i>	68
2.3.7	<i>Puerta frontal de evacuación .....</i>	69
<b>2.4</b>	<b>SISTEMA NEUMÁTICO (D).....</b>	<b>70</b>
2.4.1	<i>Grupo moto-compresor.....</i>	70
2.4.2	<i>Depósitos.....</i>	73
2.4.3	<i>Acondicionamiento del aire.....</i>	74
2.4.4	<i>Instalación.....</i>	74
2.4.5	<i>Regulación y protecciones.....</i>	75
2.4.6	<i>Suspensión neumática .....</i>	75
2.4.7	<i>Circuitos auxiliares.....</i>	76
<b>2.5</b>	<b>PUERTAS (E) .....</b>	<b>77</b>
2.5.1	<i>Mando de puertas de pasaje .....</i>	82
<b>2.6</b>	<b>EQUIPO DE FRENO NEUMÁTICO (F).....</b>	<b>84</b>
2.6.1	<i>Equipo de control del freno neumático .....</i>	85
2.6.2	<i>Antibloqueo .....</i>	87
2.6.3	<i>Mando del freno de estacionamiento .....</i>	89
2.6.3.1	Mando del freno de estacionamiento con conductor .....	89
2.6.3.2	Mando del freno de estacionamiento sin conductor.....	90
2.6.3.3	Mando del freno de retención .....	90
<b>2.7</b>	<b>EQUIPO DE TRACCIÓN/FRENO (G).....</b>	<b>91</b>
2.7.1	<i>Requisitos generales del equipo de tracción.....</i>	91

2.7.2	<i>Electrónica de control de tracción y protecciones</i> .....	94
2.7.3	<i>Antipatinaje-antibloqueo coches motores</i> .....	97
2.7.4	<i>Motores de tracción</i> .....	98
2.7.5	<i>Emisor de consigna de tracción</i> .....	100
<b>2.8</b>	<b>BOGIES (H)</b> .....	<b>102</b>
2.8.1	<i>Características generales</i> .....	102
2.8.2	<i>Bastidor</i> .....	104
2.8.3	<i>Ejes</i> .....	104
2.8.4	<i>Ruedas</i> .....	105
2.8.5	<i>Cajas de grasa</i> .....	106
2.8.6	<i>Suspensiones</i> .....	106
2.8.6.1	<i>Suspensión primaria</i> .....	107
2.8.6.2	<i>Suspensión secundaria</i> .....	107
2.8.7	<i>Traviesa bailadora</i> .....	108
2.8.8	<i>Amortiguadores</i> .....	109
2.8.9	<i>Reductores</i> .....	109
2.8.10	<i>Equipo de freno en el bogie</i> .....	110
2.8.10.1	<i>Timonería</i> .....	110
2.8.11	<i>Zapata de limpieza</i> .....	113
<b>2.9</b>	<b>ENGANCHES (I)</b> .....	<b>113</b>
2.9.1	<i>Enganche automático</i> .....	113
2.9.2	<i>Enganche semipermanente</i> .....	115
<b>2.10</b>	<b>CAJA (J)</b> .....	<b>116</b>
2.10.1	<i>General</i> .....	116
2.10.2	<i>Tratamiento superficial</i> .....	118
2.10.2.1	<i>Pintura</i> .....	118
2.10.2.2	<i>Vinilo</i> .....	119
2.10.2.3	<i>Acabados y protecciones</i> .....	120
2.10.3	<i>Armarios, cofres y canalizaciones</i> .....	121
2.10.4	<i>Techo</i> .....	122
2.10.5	<i>Departamento de viajeros</i> .....	123
2.10.5.1	<i>Asientos</i> .....	123
2.10.5.2	<i>Asideros</i> .....	124
2.10.5.3	<i>Pavimento</i> .....	125
2.10.5.4	<i>Área multifuncional</i> .....	127
2.10.5.5	<i>Revestimiento interior</i> .....	127
2.10.5.6	<i>Pasillo de intercurrencia</i> .....	128
2.10.5.7	<i>Ventanas y luna frontal</i> .....	129
2.10.5.8	<i>Iluminación interior</i> .....	130
<b>2.11</b>	<b>SISTEMA INFORMÁTICO EMBARCADO (K)</b> .....	<b>132</b>
2.11.1	<i>Red troncal TCN</i> .....	134
2.11.2	<i>Red troncal Ethernet</i> .....	140

2.11.3	<i>Puesta en marcha y desconexión del tren</i>	142
2.11.3.1	Introducción	142
2.11.3.2	Puesta en marcha y desconexión local	142
2.11.3.3	Puesta en marcha y desconexión remota	145
<b>2.12</b>	<b>AIRE ACONDICIONADO, CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN (L)</b>	<b>146</b>
2.12.1	<i>Equipo de aire acondicionada de sala de viajeros</i>	146
2.12.2	<i>Equipo de climatización de cabina</i>	147
2.12.3	<i>Mando y control del sistema</i>	148
2.12.4	<i>Ventilación de emergencia</i>	150
<b>2.13</b>	<b>SISTEMAS DE COMUNICACIONES E INFORMACIÓN AL VIAJERO (M)</b>	<b>151</b>
2.13.1	<i>Sistemas de comunicaciones tren-tierra</i>	151
2.13.2	<i>Nodo de Comunicaciones</i>	152
2.13.2.1	Antenas exteriores	154
2.13.3	<i>Sistema de Radio DMR</i>	155
2.13.3.1	Rack de Radio DMR	157
2.13.3.2	Pupitre Radio DMR de motorista	159
2.13.3.3	Antena Radio del tren	162
2.13.3.4	Cableado necesario para la conexión del sistema Radio DMR	164
2.13.3.5	Cargadores de terminal portátil DMR (walkie) en cada cabina	166
2.13.3.6	Alcance del sistema Radio DMR a poner en servicio	166
2.13.4	<i>Megafonía</i>	167
2.13.4.1	Centralita de megafonía	171
2.13.4.2	Centralita de motorista	172
2.13.4.3	Altavoces	172
2.13.4.4	Micrófono ambiente	172
2.13.5	<i>Interfonía</i>	173
2.13.5.1	Centralita de interfonía	176
2.13.5.2	Centralita de motorista	177
2.13.5.3	Altavoz tirador de emergencia	177
2.13.5.4	Relaciones con otros sistemas	177
2.13.6	<i>Video vigilancia</i>	178
2.13.6.1	Grabador digital de vídeo (DVR)	181
2.13.6.2	Puesto de motorista	182
2.13.6.3	Cámaras	183
2.13.7	<i>Video difusión</i>	185
2.13.7.1	Centralita de video difusión	187
2.13.7.2	Pantallas	188
2.13.8	<i>Señalización número de servicio e indicador de lado apertura de puertas</i>	189
2.13.9	<i>Contador de personas</i>	190
2.13.10	<i>Sistema wifi interna del tren</i>	190
2.13.10.1	Access Point	192
2.13.11	<i>Sistema gestor de energía</i>	193
2.13.12	<i>Localización de personas embarcadas</i>	193

2.13.12.1	Beacons Bluetooth.....	194
<b>2.14</b>	<b>SISTEMA TREN-STOP, ATO Y ATP (O).....</b>	<b>196</b>
2.14.1	ATP Y ATO.....	197
2.14.2	Tren – Stop.....	198
<b>2.15</b>	<b>SISTEMA DE DETECCIÓN DE DESCARRILO.....</b>	<b>202</b>
<b>3</b>	<b>SISTEMA DE TELEMONITORIZACIÓN Y TELEMANDO DE TREN.....</b>	<b>203</b>
3.1	INTRODUCCION.....	203
3.2	REQUISITOS DE COMPATIBILIDAD CON LA PLATAFORMA DIGITAL TRAIN®.....	204
3.3	PUBLICACIÓN DE VARIABLES EN LA RED TCN PARA DIGITAL TRAIN.....	205
3.4	VARIABLES DEL PROPIO TREN.....	205
3.5	VARIABLES RELACIONADAS CON LA INFRAESTRUCTURA Y SUS INSTALACIONES.....	207
3.6	DISPOSICIÓN ARMARIOS Y ELEMENTOS AUXILIARES PARA DIGITAL TRAIN.....	207
3.7	RED PARA MONITORIZAR ELEMENTOS DE LA INFRAESTRUCTURA.....	207
3.8	MONITORIZACIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS.....	208
3.9	TELEMANDOS.....	208
<b>4</b>	<b>MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (CBM).....</b>	<b>213</b>
4.1	METODOLOGÍA.....	213
4.2	CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA CBM.....	215
4.3	EQUIPOS BÁSICOS A MONITORIZAR.....	216
4.3.1	Implementación de técnica de mantenimiento basado en fiabilidad (RCM).....	217
4.4	DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR EN LA OFERTA.....	219
<b>5</b>	<b>SEGURIDAD.....</b>	<b>220</b>
5.1	SEGURIDAD FERROVIARIA.....	220
5.2	PROTECCIÓN CIVIL.....	222
5.2.1	Comportamiento frente al fuego.....	222
5.2.1.1	Requisitos de seguridad contra el fuego y condiciones de evacuación.....	222
5.2.1.2	Requisitos de seguridad contra el fuego en los equipos eléctricos.....	223
5.2.1.3	Sistemas de control y gestión del fuego.....	225
5.2.2	Comportamiento frente al resbalamiento.....	226
5.2.3	Señalización en el interior del tren.....	227
5.2.4	Dispositivo de evacuación y señalización.....	227
5.3	RIESGO ELÉCTRICO.....	228
5.3.1	Retornos de corriente.....	229
<b>6</b>	<b>DOCUMENTACIÓN.....</b>	<b>229</b>
<b>7</b>	<b>FORMACIÓN.....</b>	<b>232</b>
7.1	GENERALIDADES.....	232
7.2	PERSONAL IMPLICADO Y CONTENIDO.....	232
7.3	PLAN DE FORMACIÓN.....	233

7.3.1	<i>Cabinas de simulación de conducción de alta inmersión</i> .....	234
7.3.1.1	Representaciones Virtuales .....	235
7.3.1.2	Sistema de Sonido.....	236
7.3.1.3	Comunicaciones .....	236
7.3.1.4	Sistema de Visualización .....	236
7.3.1.5	Mandos de Conducción Reales .....	237
7.4	<b>MATERIAL DIDÁCTICO</b> .....	<b>237</b>
8	<b>SOSTENIBILIDAD</b> .....	<b>238</b>
8.1	<b>DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO VERIFICADA</b> .....	<b>238</b>
8.2	<b>DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL REACH</b> .....	<b>239</b>
8.3	<b>INSTRUCCIONES ESPECÍFICAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS</b> .....	<b>240</b>
8.4	<b>PESO</b> .....	<b>240</b>
8.5	<b>VIBRACIONES</b> .....	<b>241</b>
8.6	<b>RUIDO</b> .....	<b>241</b>
8.7	<b>CONSUMO ENERGÉTICO</b> .....	<b>243</b>
9	<b>ANEXO 1: NORMATIVA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANOS Y PARA LA RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN GRÁFICA.</b> .....	<b>244</b>
9.1	<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>244</b>
9.2	<b>NORMATIVA PARA LA ELABORACIÓN Y RECEPCIÓN DE PLANOS</b> .....	<b>244</b>
9.3	<b>NORMATIVA PARA LA ELABORACIÓN Y RECEPCIÓN DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA</b> .....	<b>247</b>
10	<b>ANEXO 2: PRUEBAS, FABRICACIÓN Y PUESTA EN MARCHA</b> .....	<b>248</b>
10.1	<b>PERSONAL DEL ADJUDICATARIO.</b> .....	<b>248</b>
10.1.1	<i>Organigrama detallado</i> .....	248
10.2	<b>APROBACIÓN DEL PROYECTO E INSPECCIÓN DE LA FABRICACIÓN</b> .....	<b>248</b>
10.2.1	<i>Inspección y pruebas durante la fabricación</i> .....	250
10.2.1.1	Inspección y Pruebas durante la Fabricación. ....	250
10.2.1.2	Plazos e información a suministrar previos a las pruebas. ....	251
10.2.1.3	Plazos e información a suministrar previos a las pruebas .....	251
10.2.1.4	Derecho de FMB para solicitar repetir pruebas y/o Inspecciones .....	251
10.2.1.5	Recursos para las pruebas .....	251
10.2.2	<i>Principales operaciones de control</i> .....	251
10.2.2.1	Control de las Cajas .....	252
10.2.2.2	Programa de control de los bogies .....	261
10.2.2.3	Programa de las principales operaciones de control de los motores de tracción .....	262
10.2.2.4	Control del equipo de tracción, convertidores estáticos y resto de equipos electrónicos. ....	264
10.2.2.5	Control de los subcontratistas.....	264
10.2.2.6	Operaciones de control de piezas mecánicas y materias primas. ....	270
10.2.3	<i>Niveles de control a aplicar a los diferentes órganos del vehículo</i> .....	275
10.2.3.1	Caja .....	275
10.2.3.2	Bogies.....	277
10.2.3.3	Motores de tracción .....	278

10.2.3.4	Equipo de tracción .....	278
10.2.4	<i>Ensayos y controles</i> .....	279
10.2.4.1	Generalidades .....	279
10.2.4.2	Listado de normas .....	280
<b>10.3</b>	<b>NORMAS Y ENSAYOS .....</b>	<b>285</b>
10.3.1	<i>Generalidades</i> .....	285
10.3.2	<i>Gestión de la fabricación</i> .....	286
10.3.2.1	Plan de control del Adjudicatario .....	286
10.3.2.2	Inspección de la Fabricación .....	287
<b>10.4</b>	<b>PLANNING DE FABRICACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA .....</b>	<b>292</b>
<b>11</b>	<b>ANEXO 3: PERFIL DEL TRAMO ELEGIDO Y LAS VELOCIDADES EN ATO L1 Y L3 .....</b>	<b>297</b>
<b>12</b>	<b>ANEXO 4: CONTORNOS DE REFERENCIA .....</b>	<b>308</b>



## 1 CONDICIONES GENERALES

### 1.1 OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES

El presente Pliego de Condiciones Técnicas tiene por objeto definir los principios para el diseño y construcción de 42 trenes para la red del Ferrocarril Metropolità de Barcelona (en adelante expresada como FMB) y poder establecer ofertas comparables para el suministro del mismo.

Los trenes irán destinados a:

Línea 1	24 trenes
Línea 3	18 trenes

Todo los requerimientos del presente pliego deben considerarse como de obligado cumplimiento, salvo en aquellos casos en que se indique que se valoran capacidades o prestaciones superiores a las requeridas.

### 1.2 CONSIDERACIONES GENERALES

Los trenes objeto de este pliego están destinados a sustituir trenes que actualmente prestan servicio en las líneas 1 y 3 de la red del FMB.

Por diversos motivos esta sustitución debe hacerse en el menor plazo de tiempo posible. Además, la entrada de un tren en la línea supondrá la retirada inmediata de uno de los trenes que actualmente prestan servicio, por lo que los nuevos trenes deberán estar inmediatamente en condiciones de prestar servicio comercial con una elevada fiabilidad.

El tren ofertado debe incorporar las más avanzadas tecnologías que estén completamente probadas y fiabilizadas. No se admitirán propuestas no suficientemente probadas y fiabilizadas. Tampoco se admitirán propuesta que precisen de un largo plazo de suministro o fiabilización.

Otras características solicitadas son seguridad, sostenibilidad, accesibilidad, bajo peso, bajo consumo energético y bajo coste de mantenimiento.

También, FMB, dentro de su política de mejora del mantenimiento del material móvil, pretende que estos trenes incorporen un avanzado sistema de monitorización remoto y mantenimiento basado en condición (CBM).

Para cumplir estos objetivos, se establecen las siguientes premisas:

- El presente pliego de condiciones técnicas pretende describir a nivel funcional el material rodante que se solicita, de tal forma que se le da opción al Oferante de proponer la mejor solución. En aquellos puntos que se considera necesario, se describe que se espera a nivel técnico. El

cumplimiento del pliego en todos sus puntos es obligatorio, siendo excluidas las propuestas que no cumplan estrictamente el pliego.

- El tren ofertado deberá estar en condiciones de prestar servicio con la máxima fiabilidad en un periodo de tiempo muy corto. Para ello, los ofertantes deberán presentar tecnologías probadas, por lo que deberán aportarse referencias de todos los equipos principales ofertados. No se aceptarán soluciones que no estén en servicio en otros operadores metropolitanos.
- El fabricante deberá tener experiencia demostrada en la fabricación de trenes de Metro i en todas las fases de la gestión de proyectos de este alcance, para poder cumplir con los requisitos de este pliego.
- La fabricación de los trenes deberá llevarse a cabo cumpliendo las normativas de calidad, medio ambiente y seguridad más exigentes.
- El diseño deberá estar dimensionado para garantizar que el tren pueda prestar servicio durante un periodo mínimo de 40 años.
- La seguridad, tanto para los pasajeros como para el personal de mantenimiento y operación, deberá ser una prioridad. Para ello, el diseño estará enfocado hacia conseguir los máximos niveles de seguridad, cumpliendo los estándares y normas más exigentes.
- La fiabilidad deberá ser elevada y conseguirse en un periodo de tiempo muy corto. El no cumplimiento de los valores ofertados comportará elevadas penalizaciones, alargamiento del periodo de garantía e incluso la paralización de la fabricación.
- El diseño deberá ser tal que se evite, en la medida de lo posible, cualquier tipo de avería que afecte al servicio comercial. En caso de que estas averías ocurriesen el tren deberá poder recuperarse de una forma fácil. En cualquier caso el diseño deberá ser tal que el fallo de un solo componente no provoque un avería que afecte al servicio comercial.
- El coste de mantenimiento, evaluado mediante el coste del ciclo de vida también deberá ser lo más bajo posible. Para ello deberá prestarse especial atención a la mantenibilidad de los trenes. El no cumplimiento de los valores ofertados comportará elevadas penalizaciones.
- El peso y consumo energético del tren deberán ser lo más bajos posibles a fin de disminuir el consumo eléctrico y los costes de mantenimiento de la infraestructura. El no cumplimiento de los valores ofertados comportará elevadas penalizaciones.
- La sostenibilidad ambiental y la accesibilidad universal serán criterios fundamentales a la hora de valorar las diferentes ofertas al ser valores fundamentales para FMB.
- Los plazos de entrega son de máxima importancia para FMB al tratarse la presente licitación de una sustitución de trenes que FMB quiere hacer en el menor periodo de tiempo posible. El no cumplimiento de los plazos ofertados comportará elevadas penalizaciones.
- En lo referente a monitorización remota y CBM el ofertante deberá presentar un sistema altamente avanzado que permita reducir las incidencias en línea al tiempo que contribuya a reducir los costes de mantenimiento. Deberá disponer de un equipo técnico que juntamente con técnicos de FMB desarrollen a lo largo de 10 años un sistema altamente eficaz.

Otras cuestiones importantes son las siguientes:

- Los trenes de L1 y L3 deben poder circular con el actual sistema de señalización GOA nivel 2, pero que deben estar preparados para poder pasar a un GOA nivel 4. Por tanto la cabina de conducción necesaria mientras el tren funcione en GOA nivel 2 deberá poder ser retirada con facilidad cuando se pase a GOA nivel 4.
- Los sistemas de información al pasajero deberán ser de última generación y altamente fiables.
- Para FMB, es importante tener series de trenes iguales en ambas líneas para obtener sinergias formativas, de repuestos, de mejora en la mantenimiento, de rapidez en implementación de proyectos, por lo que se valorará positivamente esta posibilidad.

### 1.3 OFERTAS

Las ofertas se presentarán redactadas en catalán o en castellano. Toda la documentación que se adjunte a las ofertas, y que se encuentre redactada en otro idioma deberá acompañarse de la correspondiente traducción.

Se entregará junto a la oferta 3 copias en soporte informático y 3 en formato papel.

### 1.4 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

- ATO: “Automatic Train Operation”. Sistema de conducción automático (GOA 2)
- ATP: “Automatic Train Protection”. Sistema de protección automática.
- CCM: Centro de Control de FMB.
- CBM: siglas en inglés de Mantenimiento Basado en Condición.
- Manual + 25 (M + 25): modo de conducción del sistema ATP que permite circular en modo manual en un tramo de vía sin códigos. Este modo permite el rebase de señales en rojo. La velocidad máxima que permite es 25 km/h.
- Modo especial: conducción con anulación del sistema ATP/ATO.
- Tren-stop: sistema que existe en algunas líneas y que actúa como respaldo al ATP. El sistema frena de emergencia el tren en caso de excederse un disco en rojo o exceso de la velocidad permitida.
- AW0 Vehículo vacío
- AW1: AW0 + Pasajeros sentados y tripulación
- AW2: AW1 + Pasajeros parados 4 personas/m2
- AW3: AW1 + Pasajeros parados 6 personas /m2
- AW4: AW1 + Pasajeros parados 8 personas /m2

### 1.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS LÍNEAS

Los nuevos trenes deberán prestar servicio en la línea 1 (ancho de vía 1.674 mm) y en la línea 3 (ancho de vía 1.435 mm). El mantenimiento de los trenes de línea 1 será en los talleres de la propia línea (Talleres de Santa Eulalia, Sagrera y Hospital de Bellvitge). Los trenes destinados a L3 deberán ser compatibles con el gálibo del resto de líneas de ancho internacional. Tendrán su taller de mantenimiento

en la propia línea 3 (Sant Genís) y podrán desplazarse por el resto de líneas (2,4,5,9 y 10) para acudir a sus talleres de mantenimiento, y cuando se crea conveniente, para prestar servicio comercial. La compatibilidad de gálibo de dichos trenes entre las líneas por donde se ha indicado que podrán circular, deberá de ser comprobada en las pruebas tipo.

Las estaciones que forman parte de la red de FMB disponen de andenes a un lado u otro del tren o en ambos lados a la vez.

### 1.5.1 Características de la vía ancho L3

Galga en vía recta	1435 mm
Distancia media entre estaciones	714 m
Longitud de andenes	90 m
Radio mínimo de curva en vía general	80 m
Radio mínimo de curva en vías de cocheras y playas	43 m
Peralte máximo	140 mm
Rampa máxima	45‰
Radio mínimo de diagonales en vía general	110 m
Radio de diagonales en cocheras y playas	50 m
Radio mínimo de acuerdo vertical	1000 m
Tipo de acuerdo recta-curva	Clotoide o parábola cúbica
Rampa de peralte máxima	Valor nominal 3.3 mm/m Max. 5 mm/m
Inclinación de carriles	1/20
Desarrollo máximo de las curvas de radio mínimo en cocheras y playas	20 m
Tangente de diagonales y "bretelles" vía general	1/6.33 1/7 1/8.5 1/9
Tangente de diagonales y "bretelles en playa"	1/4.7 1/6.33 1/5 1/7 1/8.5 1/9
Entrevía en recta	Mínima 3174 mm
Altura mínima hilo de contacto desde nivel carriles	4.150 mm
Carriles de 54 kg/ml, según norma U.I.C 860/0	

**Nota:** En las líneas de esta red de FMB existe algún caso de curvas y contracurvas sin recta de enlace y cuyas peores condiciones son: curva y contracurva de 110 y 110 m de radio respectivamente.

### 1.5.2 Características de la vía ancho L1

Galga en vía recta	1674 mm
Distancia media entre estaciones	690 m
Longitud de andenes	90 m
Radio mínimo de curva en vía general	100 m
Radio mínimo de curva en vías de cocheras y playas	50 m
Peralte máximo	140 mm
Rampa máxima	45‰
Radio mínimo de diagonales en vía general	110
Radio de diagonales en cocheras y playas	70 m
Radio mínimo de acuerdo vertical	1000 m
Tipo de acuerdo recta-curva	Clotoide o parábola cúbica
Rampa de peralte máxima	Valor nominal 3.3 mm/m Max. 5 mm/m
Inclinación de carriles	1/20
Desarrollo máximo de las curvas de radio mínimo en cocheras y playas	20 m
Tangente de diagonales y "bretelles" vía General	1/6.33 1/7 1/8.5 1/9
Tangente de diagonales y "bretelles" en playa"	1/4.7 1/6.33 1/5 1/7 1/8.5 1/9
Entrevía en recta	3774 mm
Altura mínima hilo de contacto desde nivel carriles	4.225 mm
Carriles de 54 kg/ml, según norma U.I.C 860/0	

**Nota:** En las líneas de esta red de FMB existe algún caso de curvas y contracurvas sin recta de enlace y cuyas peores condiciones son: curva y contracurva de 110 y 110 m de radio respectivamente.

### 1.5.3 Suministro de energía

Actualmente los circuitos de alimentación del suministro de energía a catenaria de subcentrales distintas están interconectados, a efectos de reducir las caídas de tensión y favorecer la recuperación de energía.

En las líneas de FMB el suministro de energía se realiza por medio de la catenaria rígida (a excepción de los Talleres de Sant Genís, Santa Eulàlia y Sagrera donde es catenaria flexible), cuyas características se resumen a continuación:

- Sección conductora en aluminio .....2.214 mm<sup>2</sup>  
lo que representa una equivalencia en cobre de .....1.408 mm<sup>2</sup>
- Sección del hilo de contacto ..... 107 mm<sup>2</sup>, 150 mm<sup>2</sup>  
(hilo ranurado duro de cobre electrolítico)
- Sección conjunta catenaria equivalente .....1.515 mm<sup>2</sup>
- Resistencia específica del hilo de contacto ..... 0,0175 Ω/m
- Resistencia del aluminio .....0,0285 Ω/m
- Altura del hilo de contacto desde el nivel de los carriles: .....
- L1: nominal 4.350 mm. Mín: 4.250 mm
- L3: nominal 4.250 mm. Mín: 4.150 mm
- Flecha máxima entre 2 apoyos separados 10 m: ..... 1 cm
- Pendiente máxima del hilo de contacto (transiciones de altura): ..... 1%
- Descentramientos ..... ± 20 cm

Las tensiones de alimentación son -1.500 Vcc en L1, +1200 Vcc para la línea 2, 3, 4, 5 (previéndose una posibilidad de futura alimentación en estas líneas a 1500 Vcc). Por lo tanto los trenes ofertados deberán permitir trabajar indistintamente en una u otra tensión sin realizar modificación alguna.

El equipo de tracción y los servicios auxiliares tendrán una tolerancia tal que no varíen sus prestaciones nominales entre:

	<u>Línea 1</u>	<u>Línea 2,3,4,5</u>	<u>Línea 9</u>
Tensión máxima	-1.650 V	1.380 V	1.650 V
Tensión nominal	-1.500V	1.200 V	1.500 V
Tensión mínima	-1.275 V	1.140 V	1.424 V

Además también deberá poder funcionar entre las tensiones siguientes, sus prestaciones podrán variar como máximo un 15%:

	<u>Línea 1</u>	<u>Línea 2,3,4,5</u>	<u>Línea 9</u>
Tensión máxima excepcional	-1.900Vcc	1450 Vcc	1.800 Vcc
Tensión mínima excepcional	-1.000Vcc	800 Vcc	1.000 Vcc

Cuando la tensión sea inferior o superior a los valores antes indicados, deberá bloquearse el circuito de tracción y actuar las protecciones que el Adjudicatario introduzca en el equipo eléctrico. Los valores máximos podrán ser superiores si los equipos no se ven dañados por ello y la recuperación de energía así lo requiere.

#### 1.5.4 Condiciones climatológicas

Los vehículos, así como sus elementos unitarios, estarán proyectados para soportar temperaturas extremas de +50 °C a -15 °C. Se podrán alcanzar temperaturas de hasta 70 °C en interiores de cajas, cofres y armarios, debiendo estar preparados los elementos y equipos para trabajar a esas temperaturas.

Todos los equipos electrónicos auxiliares de control, protección, alimentación, etc. instalados deberán cumplir la norma EN 50155 (categoría T3 en lo que respecta a las temperaturas), y los equipos electrónicos de potencia la norma IEC 61287.

Las variaciones entre las temperaturas máxima y mínima pueden ser bruscas (caso de salida de túnel a intemperie), por lo que los equipos y material estarán diseñados para no verse afectados por esta variación.

Dado que el estacionamiento de las unidades puede ser realizado a la intemperie, deberá tenerse en cuenta que se verán afectadas por los diferentes fenómenos atmosféricos, considerándose que la humedad relativa ambiente puede llegar al 95%.

Por lo que respecta a los materiales que constituyen el tren, serán los adecuados para un clima de humedad salina y atmósfera industrial como el de Barcelona. Por tanto, se dotará de las protecciones interiores y exteriores necesarias para impedir la formación de óxidos y cascarillas y garantizar una duración de 40 años.

La temperatura media normal en túnel se establece en 35 °C.

### 1.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SERVICIO

#### 1.6.1 Dimensiones

A nivel orientativo, las características principales del material móvil serán las siguientes (medidas en milímetros):

<b>Línea 1</b>	
<i>Longitud exterior de la caja entre paredes testeras por coche</i>	16.500
<i>Longitud total entre partes planas de enganche</i>	17.150
<i>Anchura máxima exterior de la caja a nivel del piso</i>	3.100
<i>Anchura máxima entre los extremos de los estribos de las puertas</i>	3.420
<i>Altura del piso del coche y del plano superior de los estribos de las puertas</i>	1.240
<i>Altura mínima interior caja</i>	2.100
<i>Altura total del coche</i>	3.896
<i>Altura de la sujeción de las barras de los enganches de socorro</i>	1.110
<i>Distancia aproximada entre centro de pivotes de los bogies</i>	11.000
<i>Número de puertas en cada costado del coche</i>	4
<i>Anchura útil de cada puerta</i>	1.240
<i>Altura útil de cada puerta</i>	1.900
<i>Diámetro de las ruedas</i>	
- Nuevas	840

- Mínimo	740
<b>Líneas 2, 3, 4, 5, 9 y 10</b>	
Longitud exterior de la caja entre paredes testeras por coche	16.500
Longitud total entre partes planas de enganche	17.150
Anchura máxima exterior de la caja a nivel del piso	2.710
Anchura máxima entre los extremos de los estribos de las puertas	2.910
Altura del piso del coche y del plano superior de los estribos de las puertas	1.150
Altura mínima interior caja	2.100
Altura total del coche	3.896
Altura de la sujeción de las barras de los enganches de socorro	1.110
Distancia aproximada entre centro de pivotes de los bogies	11.000
Número de puertas en cada costado del coche	4
Anchura útil de cada puerta	1.240
Altura útil de cada puerta	1.900
Diámetro de las ruedas	
- Nuevas	840
- Mínimo	740

### 1.6.2 Composición de los trenes

Los trenes estarán formados por cuatro coches motores, y un coche remolque en medio de la unidad. La composición normal será MA<sub>1</sub>-MB<sub>1</sub>-R-MB<sub>2</sub>-MA<sub>2</sub>. Los puestos de conducción se encontrarán en los dos coches MA.

### 1.6.3 Aceleraciones y deceleraciones

#### a) Aceleraciones a efectos de dimensionamiento

En recta y horizontal, con la tensión mínima de alimentación y los coches motores de la composición funcionando correctamente, la aceleración media desde 0 hasta alcanzar una velocidad de 40 km/h de un tren deberá ser, con independencia de la carga, de 1,2 m/s<sup>2</sup>. El paso de coche parado hasta la velocidad máxima se realizará de tal forma que la variación de aceleración (jerk máximo) no supere 0,8 m/s<sup>3</sup>, incluyendo el tirón en el arranque, cambios de aceleración y paso a deriva. La aceleración y el jerk podrán modificarse mediante software por parte de FMB.

La aceleración residual será de al menos 5 cm/s<sup>2</sup> a la velocidad máxima de diseño (90 km/h), funcionando en modo normal, sobre una vía a nivel.

Las prestaciones de tracción en función de los valores de tensión de catenaria, se ajustarán a lo solicitado en el presente pliego.

Las prestaciones en tracción deben ser tales que un tren con carga máxima (AW3) pueda ser remolcado o empujado por un tren en vacío (AW0) por la máxima rampa presente en FMB en condiciones de mínima adherencia.



El Adjudicatario entregará las siguientes curvas para cada una de las tensiones de catenaria definidas en el proyecto (-1.500Vcc para L1, +1.200Vcc y +1.500cc para L3) (ver apartado 1.4.3):

- Curvas de “Esfuerzo de tracción contra Velocidad del tren”, para tracción y freno eléctrico, para tensión nominal, mínima y máxima. En la gráfica se sobrepondrá la característica de resistencia al avance de la unidad en función de la velocidad para horizontal y pendientes del 5, 10, 20, 30, 40 y 45 milésimas. Las fórmulas de resistencia al avance podrán ser las que normalmente utilice el Ofertante para este tipo de cálculo.
- Curvas de “Consumo contra Tensión de catenaria”, para tracción y freno eléctrico.
- Curvas de “Potencia en llanta/corriente de línea contra velocidad del tren” en carga máxima en vía a nivel, para tracción y freno eléctrico, para tensión nominal, mínima y máxima.

El cumplimiento de las prestaciones indicadas se verificará mediante los correspondientes ensayos en vía en fase de proyecto.

#### **b) Deceleraciones a efectos de dimensionamiento**

En recta y horizontal, en toda la gama de velocidades de 0 a 80 km/h, en cualquier estado de carga de viajeros y con todos los coches del tren funcionando correctamente, se conseguirá el mantenimiento del esfuerzo de freno con una deceleración de  $1,2 \text{ m/s}^2$  con una tolerancia de  $\pm 0,05 \text{ m/s}^2$ .

La deceleración de urgencia será de  $1,3 \text{ m/s}^2$

El cumplimiento de estas prestaciones se demostrará mediante ensayo en vía según norma UNE EN 13452-2, cumplimentada por la U.I.C 544-1 en aquellos aspectos que no queden suficientemente definidos en ésta.

#### **c) Aceleraciones y deceleraciones en servicio**

La aceleración en el arranque será regulable en el taller entre los valores  $0,8$  y  $1,2 \text{ m/s}^2$  en régimen instantáneo hasta el final del desarrollo con un margen de  $\pm 0,05 \text{ m/s}^2$  en cada punto de regulación.

La deceleración máxima de  $1,2 \text{ m/s}^2$  con la tolerancia de  $\pm 0,05 \text{ m/s}^2$  será aplicable hasta ese valor por el conductor, en función de la posición del manipulador de mando. El jerk máximo en el proceso de frenado, al principio del mismo, en variaciones de deceleración y tirón de parada será de  $0,8 \text{ m/s}^3$ .

Las aceleraciones y deceleraciones citadas serán uniformes e independientes de la carga y perfil de la línea y, en ningún caso, se tendrán en cuenta para obtenerlas el empleo de areneros o similares.

#### **d) Condiciones degradadas de explotación**

Con un 75% de los equipos de tracción disponibles, deberá garantizarse en las condiciones más desfavorables de máxima rampa, mínima adherencia, cualquier condición de carga y sin rebasarse las condiciones límites de proyecto en ninguno de los elementos de la unidad, el arranque y la circulación de la unidad a la velocidad máxima de servicio. No se permitirán reducciones en la aceleración/deceleración mayor al 25%, con respecto a la aceleración/deceleración definida en condiciones normales de funcionamiento.

Con un 50% de los equipos de tracción disponibles, deberán garantizarse, en las condiciones más desfavorables de máxima rampa y mínima adherencia, y sin rebasarse las condiciones límites de proyecto en ninguno de los elementos de la unidad, la circulación, en cualquier condición de carga, hasta la estación más próxima, donde se desalojen viajeros y continúe su marcha hasta depósito.

Con un 25% de los equipos de tracción disponibles, deberán garantizarse, sin rebasar las condiciones límites de los elementos de la unidad, la circulación de una unidad a plena carga, hasta la estación más próxima, donde desaloje viajeros, y continúe su marcha hasta depósito. En fase de proyecto se analizará la máxima rampa en que se puede cumplir con este requisito.

#### **1.6.4 Velocidades**

La velocidad máxima de los trenes será de 80 km/h en recta horizontal con carga máxima, pero todos los elementos de los mismos deben estar previstos para poder soportar, sin deterioro o envejecimiento prematuro, la velocidad de 90 km/h con carga máxima.

Se considerará un coeficiente de adherencia de 0,13 y no se condicionará a la utilización de areneros. El Adjudicatario ajustará la acción de los equipos para conseguir las prestaciones solicitadas a los valores reales de adherencia.

#### **1.6.5 Compatibilidad electromagnética**

El Adjudicatario deberá garantizar que su tren cumple con los requisitos relativos a la compatibilidad electromagnética. Para ello el suministrador deberá proponer un plan de pruebas a aprobar por FMB, de acuerdo a la normativa que se expone a continuación:

- Se asegurará la compatibilidad entre equipos embarcados de acuerdo a la norma UNE EN 50121-3-2, y del vehículo con el entorno a través del cumplimiento de la norma UNE EN 50121-3-1.
- Asimismo, se garantizará la compatibilidad del vehículo con los sistemas de detección de trenes de conformidad con la norma CLC/TS 50238-2.
- El tren cumplirá lo indicado en las normas EN 50500 y UNE EN 45502-2-1 en lo relativo a exposición humana a campos magnéticos, respetando los límites impuestos en la Directiva europea 2013/35/UE y en la Recomendación comunitaria 1999/519/CE.

El Adjudicatario deberá de garantizar en fase de proyecto que los equipos e instalaciones del tren no superan lo dispuesto en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

#### **1.6.6 Modos de conducción**

En la etapa inicial de servicio de estos trenes el modo de conducción habitual será GOA2, es decir conducción en modo ATO.

Está previsto que durante la vida de los trenes estos deban ser transformados para evolucionar a un modo de conducción GOA4, es decir conducción automática sin presencia de agente en tren.

Por lo tanto deberá incluirse en la oferta una propuesta para realizar esta transformación, que incluirá como mínimo la transformación de la cabina de conducción y el telemando del tren según se detalla en los apartados correspondientes.

### **1.7 NORMATIVA**

El tren ofertado deberá cumplir con la normativa que se requiere en el presente pliego, siempre que sea posible en las últimas versiones vigentes. En aquellos casos en que no se hace referencia a una norma concreta, se sobreentiende que todos los elementos suministrados estarán de acuerdo con las normas siguientes (por orden de preferencia), UNE, EN, U.I.C, CEI, DIN, NF. Por otro lado durante el desarrollo del proyecto FMB puede requerir otras especificaciones técnicas propias.

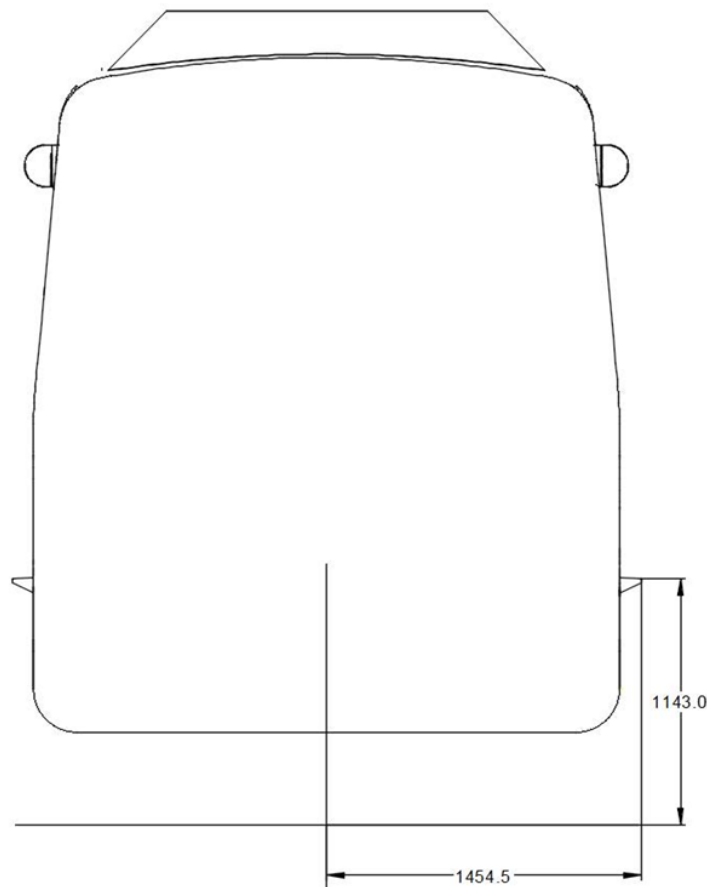
El material móvil ofertado cumplirá con la legislación europea, estatal, autonómica y local vigente.

Cuatro (4) meses antes de la puesta en servicio del primer tren, el Adjudicatario, deberá entregar el visado del proyecto en el Colegio de Ingenieros Industriales de Cataluña para la autorización de entrada al servicio comercial del tren por parte de la Autoridad Ferroviaria competente. Se suministrarán también 3 copias visadas de toda la documentación del proyecto presentado en el Colegio de Ingenieros Industriales de Cataluña a FMB.

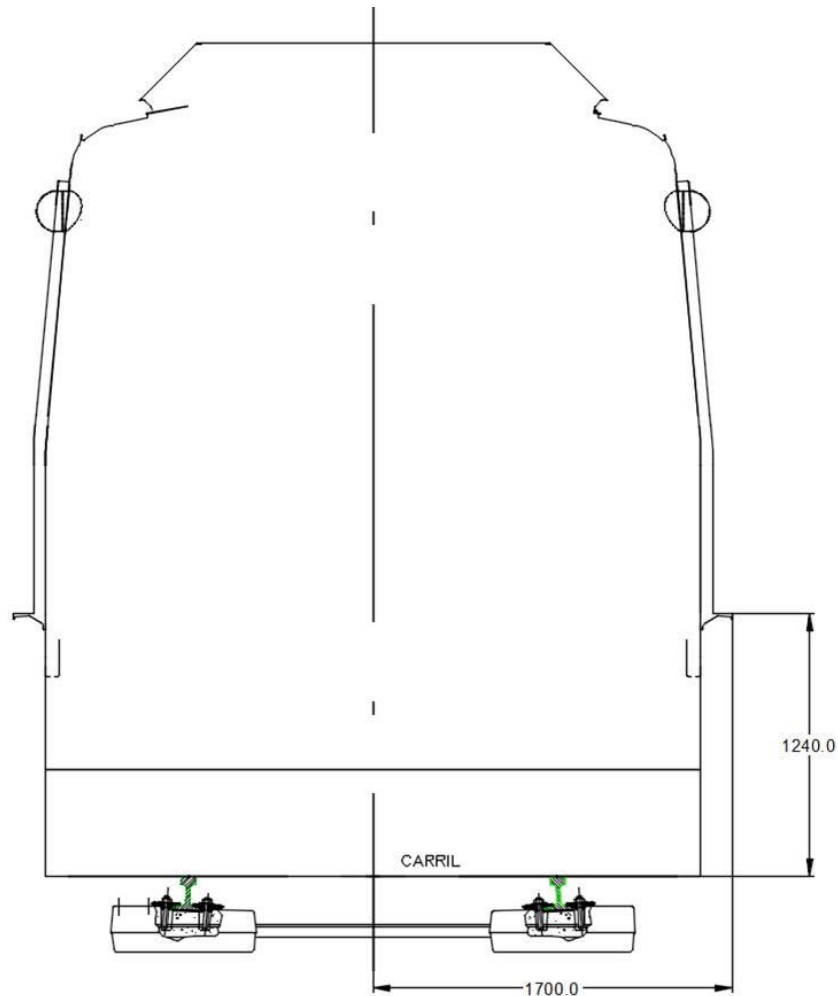
## 1.8 ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

El material móvil a suministrar deberá cumplir la legislación vigente en materia de accesibilidad universal, Real Decreto 1544 de 2007. En cuanto al Anexo VI.2 “Fronteras entre el material móvil y el andén” del citado RD el tren deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- L3:
  - Altura de la parte superior de la pisadera de puerta respecto a la cabeza de carril (eje y): 1.143,0 mm.
  - Distancia del centro de la vía al extremo de la pisadera de puerta (eje x): 1.454,5 mm.



- L1:
  - Altura de la parte superior de la pisadera de puerta respecto a la cabeza de carril (eje y): 1.240,0 mm.
  - Distancia del centro de la vía al extremo de la pisadera de puerta (eje x): 1.700,0 mm.



El tren deberá también cumplir con la Legislación Autonómica vigente a la firma del contrato de suministro.

Siguiendo las especificaciones del futuro Código de Accesibilidad de Cataluña, cuya redacción tiene en cuenta la unificación de criterios con las normativas de los países del entorno europeo, los vehículos ferroviarios deben cumplir las siguientes condiciones para ser considerados accesibles.

### 1.8.1 Puertas acceso pasaje

Las puertas de acceso a pasaje deberán de cumplir con las siguientes características:

- Alto contraste cromático en relación al resto del vehículo. El color se definirá durante la fase de proyecto por parte de FMB.
- El pulsador para la apertura se situará a una altura entre 0,90 m y 1,20 m, con alto contraste de color, y sobresaldrá del paramento para que sea detectable fácilmente por una persona con discapacidad visual.
- Deben disponer de señales sonoras y luminosas con intermitencia, situadas en el centro del umbral de las puertas de los vagones cuando estén abiertas, perceptibles desde fuera y desde

dentro, que permitan su localización a personas con discapacidades sensoriales de visión, audición, y/o cognitivas.

### 1.8.2 Puertas accesibles

Se dispondrá de puertas accesibles en cada uno de los extremos de la unidad a ambos lados (total 4 puertas por tren). Dichas puertas cumplirán con las siguientes características:

- Estar señalizadas en la parte exterior con el SIA.
- Apertura automática en cada estación, sin requerir que el pasajero accione el pulsador o botón de solicitud/aviso.

### 1.8.3 Barras y asideros

- El sistema de anclaje y tipo de material utilizados deben evitar oscilaciones.
- La superficie de barras, asideros y montantes de sujeción y ayuda a la circulación interior será de un material no deslizante, y de un color que contraste con el entorno, siguiendo las especificaciones del anexo B de la norma UNE-ISO 21542, que se basa en el parámetro LRV (valor de la reflectancia de la luz). La diferencia mínima requerida será de 35 puntos.
- Debe existir barras a ambos lados de todas las puertas de acceso al vehículo.

### 1.8.4 Asientos reservados

El tren dispondrá de veinte asientos reservados a personas con discapacidad no usuarias de sillas de ruedas, repartidos en filas de cuatro asientos reservados por coche, ubicados en el centro de cada uno de ellos.

Los asientos reservados cumplirán las siguientes especificaciones:

- Tener un color contrastado en relación al resto de asientos.
- Estar señalizados con los pictogramas correspondientes.
- Altura del asiento entre 45 cm y 48 cm y perímetro con formas redondeadas.
- Disponer de barras/asideros intermedios en su diseño y en sus proximidades.

### 1.8.5 Espacio reservado para pasajeros en silla de ruedas

Deben existir espacios libres de asientos con capacidad para alojar a cuatro pasajeros en silla de ruedas, dos en cada coche extremo del tren, en las proximidades de las primeras puertas. Estos espacios deben cumplir con los siguientes requisitos:

- El rectángulo que forma el espacio reservado se posicionará con el lado largo paralelo al eje longitudinal del vehículo. En esta superficie no puede existir ningún obstáculo que produzca resalte a nivel del suelo.

- Dimensiones mínimas del espacio reservado:
  - Largo: 1,30 m.
  - Ancho: 0,80 m.
- Cada espacio reservado debe contar con una mampara acolchada ubicada en su parte posterior, de manera que sirva de soporte al pasajero para recostar la espalda y la cabeza.
- Se indicará con el pictograma del SIA a una altura entre 0,90 m y 1,20 m., y dado que el pasajero debe viajar de espaldas al sentido de la marcha, la señal ubicada en el lateral del espacio reservado debe incluir la instrucción de uso.



*Pictograma*

- Se instalará en el lateral del espacio reservado una barra horizontal de diámetro entre 3 cm y 4 cm, a una altura comprendida entre 0,70 m y 0,90 m, separada del paramento al menos 4 cm.
- El itinerario desde la puerta accesible que le corresponda hasta el espacio reservado para pasajeros en silla de ruedas debe cumplir las siguientes condiciones:
  - a) No puede contener ningún escalón ni discontinuidad del suelo.
  - b) Debe tener una anchura de paso libre de obstáculos igual o superior a 0,90 m.
  - c) Los cambios de dirección deben garantizar un espacio libre de 1,20 m de diámetros, que puede invadir el espacio reservado.
  - d) Debe contener un espacio libre para giros de 1,50 m de diámetro, que puede invadir el espacio reservado.
  - e) Debe incluir los mismos mecanismos y dispositivos que el pasaje puede utilizar en otras zonas, como botón de parada, tirador de emergencia e interfono, situados a una altura entre 0,80 y 1,20 m medidos desde el suelo.
- En dicha zona se agrupará el interfono, botón de parada y tirador de emergencia en un único elemento, colocado a una altura que garantice el alcance por parte de las personas en sillas de ruedas que ocupen el espacio reservado.
- Se colocará el símbolo del SIA en el suelo del espacio reservado, con el fin de reforzar su señalización y garantizar su uso preferencial por parte de personas usuarias de silla de ruedas.
- Se valorará que el tren disponga de un sistema de sensorización de los espacios reservados para informar a los pasajeros en andén de su ocupación. El sistema será capaz de detectar la presencia de la silla de ruedas sin que su ocupante tenga que realizar ninguna acción. El sistema identificará inequívocamente la silla de ruedas frente a otros elementos similares como bicicletas, patines, etc.

### 1.8.6 Suelo del vehículo

Será de materiales que no produzcan reflejos, y antideslizante tanto en seco como en mojado.

No existirán escalones en el recorrido interior del vehículo.

La línea de borde del estribo en cada puerta estará señalizada en toda su longitud con una franja de material antideslizante y de larga duración, de color contrastado en relación con el resto del suelo y con el color de la puerta.

### 1.8.7 Información para pasajeros con discapacidad sensorial

- Información exterior:

Avisador acústico y luminoso que facilite a las personas con discapacidad visual la localización de la primera puerta del tren. El aviso acústico emitirá un sonido reconocible, diferenciado en sonido al aviso de apertura y cierre de las puertas y se mantendrá activo mientras el tren permanezca con las puertas abiertas y hasta que se active el aviso de cierre, con una separación entre avisos no inferior a 2 segundos para facilitar su distinción.

- Información interior:

- Disponer de dispositivos que de forma visual y acústica informe sobre la denominación de la próxima parada, y de cualquier otro aviso de voz o acústico dentro de los vagones.
- Se implementará de un sistema de bucle de inducción magnética en el primer y último coche. Se documentará la solución tomada en la oferta.

### 1.8.8 Acondicionamiento exterior

Se colocará un pictograma SIA en la parte frontal derecha del vehículo. La puerta accesible del vehículo también estará señalizada tanto en su parte exterior como en la interior con el SIA.

### 1.8.9 Paneles luminosos interiores

Los caracteres gráficos de todos los paneles luminosos interiores que tengan que ver con informaciones de seguridad deberán cumplir con lo estipulado en la norma ISO 3864-1.



## 2 ESPECIFICACIONES SOBRE EL MATERIAL MÓVIL

En fase de proyecto se presentarán al menos 3 (TRES) propuestas de diseño interior y exterior. FMB decidirá el diseño final a partir de estas propuestas. Estas propuestas se presentarán con la documentación necesaria (planos, simulación 3D,...) para su valoración y con el nivel de detalle suficiente para su evaluación y aprobación por parte de FMB. La aprobación del diseño por FMB será necesaria para el inicio de la fabricación.

Todos los equipos que no tengan comunicación con el sistema informático (bogies, ejes, motores, pantógrafos,...) dispondrán de un tag RFID que permita identificar de manera rápida y segura el equipo. El Adjudicatario podrá proponer otro sistema con características iguales o superiores. Dicha identificación será validada por FMB. Durante la fase de proyecto, el Adjudicatario trabajará con el FMB para establecer un nombre y código para todos los componentes y sistemas.

Toda la tecnología utilizada en los trenes será tecnología sobradamente probada y con referencias en otras explotaciones ferroviarias. FMB se reserva la potestad de solicitar en cualquier fase del proyecto la documentación justificativa correspondiente pudiendo descartar aquellos equipos o elementos no justificados debidamente.

El Adjudicatario demostrará que el diseño de los vehículos permitirá cumplir los requisitos de la norma EN 14363: "Railway applications. Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles. Testing of running behavior and stationary tests". Con tal fin se aportarán cálculos mediante simulación.

El Adjudicatario demostrará el cumplimiento de la norma EN 14363, incluyendo la seguridad contra el descarrilamiento en vía alabeada y la evaluación del comportamiento dinámico, aplicando la metodología descrita en la propia norma, en función de las características del vehículo y las condiciones de explotación.

El Adjudicatario demostrará que el Índice de Comodidad Media NMV, definido y evaluado de acuerdo con la norma EN-12299, no será superior a 2 ( $NMV \leq 2$ ).

Todos los equipos presentes en el tren estarán convenientemente refrigerados/ventilados de manera que maximice su vida útil y estarán convenientemente protegido contra las proyecciones de piedras u otros objetos que pueda haber en la vía.

Se tendrá en cuenta en el dimensionado la tolerancia y el envejecimiento de sus elementos constitutivos, de forma que una deriva eventual de los valores nominales permita al equipo cumplir convenientemente su función durante su vida útil estimada.

El tren podrá ser encarrilado con los medios actuales que dispone FMB.

Durante la fase de proyecto se entregará una maqueta del puesto de conducción por línea, que incorporará una sección de la caja del pasaje con interiorismo real, asientos, barras y asideros, pantallas, ventanas, puertas, el desalojo de viajeros (frontal y lateral), etc., hasta la segunda puerta de viajeros incluida. La distribución final de dichos elementos será validada por FMB, antes del inicio de la fabricación de la primera caja en blanco.

Los trenes podrán ir acoplados en caso de avería de uno de ellos que no le permitiera circular por sus propios medios.

El Ofertante aportará referencias suficientes (2 o más) de experiencias demostradas (en servicio comercial de al menos dos años) de los principales equipos y sistemas en un servicio metropolitano al necesario por FMB. Se aceptarán referencias de equipos no exactamente iguales cuando las diferencias solo sean debidas a la adaptación a las características operacionales de FMB. Dichas referencias deberán demostrarse mediante Certificado de Operadores donde indiquen que los equipos y sistemas está cumpliendo con los requerimientos de fiabilidad y seguridad en aquellas redes donde están prestando servicio. Deberán aportarse obligatoriamente referencias de como mínimo los siguientes sistemas y equipos:

**Subsistema A:** Toma de corriente y línea principal

- Pantógrafo
- Disyuntor

**Subsistema B:** Producción y distribución eléctrica

- Convertidores auxiliares
- Batería
- Relés
- Conectores

**Subsistema C:** Elementos de gobierno y control

- Registrador de incidencias
- Asiento motorista

**Subsistema D:** Equipo neumático

- Grupo moto-compresor
- Torre de secador

**Subsistema E:** Puertas

- Puertas acceso pasajero (incluido sistema antidrag)

- Puertas evacuación

**Subsistema F:** Frenos

- Control de Freno

**Subsistema G:** Tracción

- Equipo de tracción
- Motor de tracción

**Subsistema H:** Bogies (ancho UIC)

- Bastidor de bogie
- Traviesa y corona de unión
- Suspensión primaria
- Suspensión secundaria
- Reductor

**Subsistema I:** Enganches y conexiones

- Enganche automático
- Enganche semi-permanente

**Subsistema J:** Caja

- Estructura
- Pasillo

**Subsistema K:** Informática embarcada

- Electrónica de control central
- Red de comunicación

**Subsistema L:** Equipos de aire acondicionado

- Equipo aire acondicionado (sala y cabina)

**Subsistema M:** Equipos de información a viajeros y vigilancia

- Sistema información viajeros
- Sistema de Video vigilancia
- Sistema de Video información

- Sistema detección de incendios

## 2.1 TOMA DE CORRIENTE Y LÍNEA PRINCIPAL (A)

La línea de alta tensión estará convenientemente protegida y cableada como se indica en la norma EN 50343, hasta el cofre del interruptor principal.

### 2.1.1 Pantógrafos

Los trenes estarán dotados de dos pantógrafos por unidad, cuatro por tren.

Se garantizará el perfecto contacto con la catenaria rígida, así como en aquellos tramos de catenaria flexible, en todas las gamas de alturas, desde la posición inferior hasta la posición superior, manteniendo la fuerza estática nominal dentro de la tolerancia.

Los pantógrafos se someterán a los ensayos tipo y serie previstos en la norma UNE–EN50206–2 “Pantógrafos para Metros y ferrocarriles ligeros”.

El pantógrafo debe de ser levantado y bajado por el motorista desde la cabina de conducción. Será posible subir/bajar de forma manual el pantógrafo de techo en caso de emergencia de forma segura.

La elevación y el descenso de los pantógrafos serán mediante motor eléctrico, con control de estado por pantógrafo y anulación individual monitorizada por el sistema informático y desde un panel de pulsadores en armario de sala de pasajeros o con órdenes de conexión y desconexión desde el CCM.

La maniobra de abatimiento y elevación será lo más rápida posible, amortiguándose al final del abatimiento y sin golpear la línea de contacto.

El esfuerzo estático de apoyo sobre la catenaria será regulable, con un valor nominal de  $70 \pm 10$  N. Este esfuerzo será independiente a lo largo del campo de desarrollo de la altura de captación del pantógrafo.

Las bandas de frotamiento serán de grafito. El Adjudicatario homologará como mínimo dos suministradores de bandas y aportará un estudio comparativo de ambas soluciones. La duración de estas bandas será como mínimo, la del ciclo largo del pantógrafo en condiciones normales de servicio.

En el techo del coche y al lado del pantógrafo se instalará un cofre para el fusible de protección de la línea, cuyo estado estará monitorizado por el sistema informático embarcado.

Un solo pantógrafo por unidad podrá mantener el tren en servicio de forma ilimitada y conservando todas las prestaciones y funcionalidades.

El diseño del pantógrafo será tal que permita adaptarse a las configuraciones de catenaria utilizadas en la red de FMB.

Se dispondrá junto a cada uno de los pantógrafos de un dispositivo de seguridad contra sobretensiones, estático y carente de regulaciones, de mantenimiento y cuyas características no se degraden con el tiempo ni con agentes exteriores.

El pantógrafo cumplirá con las normativas UIC608-R, UIC552 y CEI60494-1 -2, o EN60947-3.

### 2.1.2 Disyuntor

El disyuntor constituye la protección principal de los circuitos de alta tensión de la unidad de tracción.

El disyuntor podrá actuar en ambos sentidos de corriente (tracción y frenado).

El accionamiento del disyuntor podrá ser eléctrico o electromagnético con apertura por resorte.

El mando manual se situará en el puesto de conducción y mediante un piloto se indicará su estado: conectado o desconectado. Debe estar prevista una separación segura entre la parte de alta y la de accionamiento.

Se deberá poder enviar desde el CCM órdenes de conexión y desconexión del disyuntor a una unidad de tren seleccionada, a través del canal de comunicaciones tren-tierra que en fase de proyecto se defina.

El disyuntor se alojará debajo del bastidor del coche, en un cofre propio. Se instalará en una cámara de dimensiones adecuadas, protegida del polvo y del agua, revestida interiormente de un material aislante e incombustible, con las propiedades dieléctricas necesarias, absorción de humedad reducida, clase térmica mínima H, antillama y antiarco. Todos los materiales aislantes utilizados en los disyuntores serán ignífugos, con baja generación de humo, cero emisiones halógenas y conformes con los estándares ferroviarios.

El control debe garantizar el aislamiento eléctrico del equipo causante de la anomalía, antes de permitir la reconexión del disyuntor.

El disyuntor se podrá rearmar siempre que no exista una avería real que lo impida, con objeto de evitar que se quede el tren sin algún equipo de tracción.

Cuando no sea posible la conexión del disyuntor, a través del sistema informático del tren se proporcionarán las informaciones necesarias para conocer el motivo de las causas que lo impiden, así como una guía de las actuaciones a seguir en cada caso.

En relación a los requisitos de diseño del disyuntor, éste cumplirá la norma EN60077-3. Deberán describirse en la oferta las principales especificaciones técnicas incluyendo al menos:

- Circuito principal de alta tensión:

- a) Tensión asignada de funcionamiento.
  - b) Corriente asignada de funcionamiento.
  - c) Tensión de aislamiento de asignada.
  - d) Poder de corte asignado en cortocircuito.
  - e) Poder de cierre asignado en cortocircuito.
  - f) Categoría de funcionamiento.
  - g) Curva intensidad de disparo – tiempo.
- Circuito auxiliar de baja tensión:
- h) Tensión nominal (alimentación y orden de control).
  - i) Rango de tensiones (alimentación y orden de control).
  - j) Tiempo de apertura mecánica.
  - k) Tiempo de cierre mecánico.
- Condiciones de funcionamiento:
- l) Temperatura ambiente de trabajo.
  - m) Grado de polución.

Las protecciones del disyuntor de la unidad estarán coordinadas con las de la subestación, de acuerdo a lo establecido en la UNE EN 50388.

La funcionalidad de rearme del disyuntor se definirá en fase de proyecto conjuntamente con FMB.

## 2.2 PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA (B)

### 2.2.1 Suministro y generación de baja tensión

Cada tren irá dotado de los elementos necesarios para el suministro de energía a los servicios auxiliares del mismo. Éstos incluirán equipos tales como las baterías, cargadores de baterías y los convertidores estáticos, necesarios para generar y regular las tensiones continuas y alternas que se precisen para alimentar a los equipos del tren.

Los trenes tendrán una concepción redundante de todos los sistemas de producción de energía eléctrica en baja tensión para la alimentación de los equipos auxiliares. El objetivo es asegurar la máxima fiabilidad de los servicios auxiliares del tren, incluso en el caso del fallo de alguno de los equipos de producción de energía, admitiéndose sólo ligeras reducciones en las prestaciones.

#### 2.2.1.1 Batería

La concepción de todo el sistema de baterías, incluidos sus cargadores y líneas de tren a la tensión de baterías será también redundante.

Cada tren irá equipado con al menos dos baterías, con sus correspondientes cargadores independientes, conectadas en paralelo entre sí.

Éstas serán de acumuladores, y su capacidad nominal se determinará teniendo en cuenta las curvas características facilitadas por el fabricante, y las especificaciones de este pliego. La tecnología será de Níquel-Cadmio.

La tensión nominal de la batería será de 110V.

La batería puede soportar temperaturas ambiente de  $-15^{\circ}$  a  $+50^{\circ}$ .

El Ofertante indicará el número de elementos, la tensión nominal de cada uno de ellos, el peso total de la batería y las curvas de carga y descarga a  $25^{\circ}\text{C}$ , teniendo en cuenta las prestaciones normales de funcionamiento del coche y las que a continuación se describen.

En función del valor de su tensión, el Ofertante especificará el régimen de carga más adecuado para la batería, debiéndose contemplar la modificación de dicho régimen en función de la temperatura.

Para el dimensionamiento de la batería se deberá de considerar que:

- 1) Las baterías serán capaces de alimentar por si solas durante 1 hora los circuitos de alumbrado y ventiladores de emergencia, los circuitos de puesta en marcha, comunicaciones y seguridad.



2) El consumo de los equipos que permanecen alimentados de la batería cuando el tren está en stand-by y que deberá ser de un mínimo de 4 días.

Dichos cálculos deberán de presentar debidamente justificados en la oferta.

Como mínimo, los siguientes circuitos y sistemas del tren deberán funcionar alimentándose a partir de la batería, con objeto de garantizar su funcionamiento en ausencia de alta tensión:

- Circuitos eléctricos de mando.
- Sistema informático embarcado.
- Alumbrado ordinario (durante 30 segundos desde la pérdida de alta tensión y pasados los cuales funcionará sólo el alumbrado de emergencia).
- Megafonía.
- Radiotelefonía y sistemas de comunicaciones tren - tierra bidireccionales.
- Faros y pilotos externos.
- Control electrónico y accionamiento eléctrico de las puertas de pasaje.
- Control del equipo neumático.
- Electroválvulas antibloqueo.
- Avisadores acústicos de cierre de puertas.
- Sistema de Tren Stop.
- Sistema de conducción automática y ATP-ATO (actualmente a 72V).
- Sistema de Información al viajero (durante un tiempo mínimo de 30 segundos desde la desaparición de la alta tensión).
- Equipo de registro de seguridad (caja negra).
- Equipo de videovigilancia.
- Ventilación de emergencia.
- Pantógrafo.
- Otros equipos que el Adjudicatario considere oportunos y que justificará en la oferta.

Cuando la carga de la batería caiga por debajo de un umbral que requiera su recarga se activarán unos pilotos luminosos situados exteriormente en zonas visibles y se enviará un mensaje hacia el CCM a través de sistema de comunicaciones que se defina en fase de proyecto, para que este proceda a la conexión del tren y la correspondiente carga de la batería.

En la oferta se deberán justificar dichos umbrales con las curvas de tiempos de descarga.

Se implantará un sistema que informe del estado de la batería el cual permita realizar un test. Dicho sistema deberá de publicar en el sistema informático embarcado como mínimo los datos de tensión, corriente y temperatura que podrán enviarse a través del canal de comunicaciones que se determine durante el proyecto.

En el bastidor, junto a la batería, se colocará un seccionador que permita desconectarla en carga. Se instalará, así mismo, un magnetotérmico para la protección de la misma. El estado de dicho elemento de protección deberá estar monitorizado por el sistema informático embarcado. Esta información se podrá enviar al CCM, a través del canal de comunicaciones que se determine durante el proyecto.

El tren dispondrá de un relé de tensión mínima que monitorizará en todo momento el nivel de tensión de la batería, de tal forma que, si se detecta una tensión por debajo de un umbral, el sistema de control mando y monitorización dará orden de apagado controlado a las electrónicas del tren, de tal manera que preserve un nivel residual de tensión suficiente para poder arrancar el tren, y proceder a la carga de las baterías.

El relé de tensión tendrá parametrizado otro nivel inferior de tensión, de acuerdo al rango de tensión mínima que establece la EN 50155, que llegado a ese nivel desconectará la alimentación en continua del tren, para la protección hardware de la batería.

La batería se montará sobre unos bastidores de acero inoxidable situados bajo bastidor del coche, de forma que toda ella pueda deslizarse con facilidad por una sola persona hacia el exterior para su inspección o cambio; este bastidor permitirá la sustitución de la batería en todo su conjunto. Dicho sistema de extracción de baterías deberá de ser durable y sin mantenimiento.

Se cuidará la ventilación del recinto de forma que no puedan producirse acumulaciones de gases. Para favorecer la evacuación de los gases se deberán tener en cuenta la EN 50272-2.

La caja donde se aloje la batería estará protegida con tratamiento anticorrosivo.

La tapa de la batería será de seguridad al cierre, con cierres de expansión y seguros para que nunca se pueda abrir en línea. Para ellos se preverá un sistema de cierre de doble seguridad.

Todos los elementos de baja tensión alimentados a partir de tensión de batería (contactores, relés, etc.) estarán diseñados para funcionar correctamente con variaciones de la tensión de acuerdo con la norma IEC60077-1.

#### 2.2.1.2 Cargador de baterías

El cargador de batería será el encargado de:

- Generar y regular la corriente y tensión necesarias para optima carga de la batería.
- Proporcionar la alimentación de todos los equipos y circuitos de la unidad que se alimentan en corriente continua, en condiciones normales de operación en presencia de tensión de catenaria.

Las tensiones, corrientes y régimen de carga de batería se establecerán basándose en las características del tipo de batería ofertada. El régimen de carga se optimizará en función de la

temperatura. El cargador de batería incorporará compensación automática de la tensión de carga en función de la temperatura ambiente.

Cada tren irá equipado con al menos dos cargadores baterías.

En el caso que un cargador de batería esté fuera de servicio, se deberá garantizar la alimentación de todos los circuitos y equipos que trabajan con tensión de batería, sin necesidad de efectuar puentes externos. Asimismo, en esta condición degradada, se deberá garantizar la carga de las baterías asociadas a los cargadores que continúen en servicio.

El cargador de baterías dispondrá de una toma externa para la carga de baterías en ausencia de tensión del tren. Los cargadores de baterías se alimentarán por medio de la línea trifásica de 400 Vca 50 Hz, y por medio de las tomas laterales de cada taller.

El Adjudicatario suministrará, para cada taller de mantenimiento, todos los elementos necesarios para la carga de las baterías, al régimen de carga más adecuado a las características de la batería, mediante elementos externos y sin necesidad de desmontar las baterías del tren. Se efectuará la desconexión automática de la alimentación suministrada por el convertidor estático del tren al cargador de la batería, para evitar el cortocircuito entre ambas

Deberá haber detección de “toma externa conectada”, aunque ésta no tenga tensión de alimentación, para evitar que el tren pueda moverse con la toma conectada. En cualquier caso, deberá estar señalizado en el puesto de conducción y ser transmitido al CCM a través del canal de comunicaciones que se determine durante el proyecto.

#### 2.2.1.3 Convertidores estáticos. Características y requisitos generales

Existirán como mínimo dos convertidores estáticos por tren que tendrán las siguientes funciones:

- Generar y regular la carga de batería y la tensión de los circuitos que se alimentan a partir de la misma.
- Generar las tensiones alternas necesarias para alimentar a los circuitos de baja tensión y de aire acondicionado de cada semiunidad (2 coches motores y la mitad del coche remolque). Dichas tensiones serán de 400 Vca (3 fases) y 230 Vca (2 fases).
- Generar y regular la tensión de 24 Vcc para alimentar a los equipos y circuitos de la semiunidad que lo requieran (2 coches motores y la mitad del coche remolque).

Los convertidores podrán trabajar indistintamente a las tensiones nominales descritas en el apartado “1.5.3 Suministro de energía” de este documento. En función de dicho valor, los convertidores modificarán los parámetros de funcionamiento que sean necesarios de forma automática, sin reducción

de sus prestaciones nominales, ni aparición de situaciones en las que se ponga en riesgo la seguridad del equipo.

La puesta en marcha y desconexión de los convertidores se podrá realizar:

- En modo local de forma manual o automática.
- En modo remoto, desde el CCM, se podrá ordenar la conexión o desconexión a través del canal de comunicaciones tren-tierra bidireccional, que en su momento se determine.

En fase de proyecto se entregará un balance de cargas con los consumos de todos los equipos, y estará sujeto a aprobación por parte de FMB.

La potencia del convertidor se dimensionará con todos los consumos funcionando simultáneamente a plena carga, debiéndose absorber las puntas de corriente generadas en la conexión y desconexión de los equipos que alimenta, sin que la tensión o frecuencia de salida salgan de los márgenes de tolerancia especificados.

Los convertidores estarán dimensionados para que, en caso de avería de uno de ellos, el otro pueda suministrar alimentación trifásica, por lo menos, a un 50% de la climatización por coche, a uno de los compresores del tren y a todos los ventiladores del equipo de tracción, si los hubiera, de todos los equipos motores.

Las tensiones y frecuencias de salida deberán ser constantes e independientes de las variaciones de la alta tensión y de la carga. En la oferta se indicarán los límites de tolerancia en la variación de dichos parámetros, que en ningún caso deberán superar:

- Para las tensiones de 400 Vca y 230 Vca el  $\pm 1\%$  de la frecuencia nominal y el  $\pm 5\%$  del valor de la tensión de salida nominal.
- Para el cargador de baterías el  $\pm 1\%$  de la tensión en flotación.
- Para la tensión de 24 Vcc el  $\pm 1\%$  de la tensión nominal.

Se garantizará la operación normal de todas las cargas conectadas durante el periodo transitorio, causado por el arranque de cualquiera de ellas.

En el interior del convertidor no se superarán los 70 °C en las condiciones más desfavorables.

La ventilación del convertidor deberá realizarse sin filtros aunque se permitirán rejillas en el paso de aire. La solución aportada por el Adjudicatario deberá ser aprobada por FMB.

La zona del convertidor donde estén situados los equipos de control deberá tener un grado de protección IP65. En el resto de zonas abiertas el grado de protección será también elevado, e irán debidamente protegidas.

El tren dispondrá de una toma exterior de 380 V 50 Hz, con neutro, para la alimentación en taller de todos los servicios auxiliares del coche de forma que no sea necesario que el grupo convertidor esté conectado a la línea de AT. El Adjudicatario deberá de tener en cuenta la diferencia de potencial entre tierras de la cochera y proponer la solución más adecuada. Si esta conexión está establecida se deberá asegurar automáticamente que la línea de salida del grupo convertidor está desconectada de la distribución.

Asimismo se asegurará la imposibilidad de traccionar el tren estando conectada dicha toma exterior. En el cuadro de distribución, a nivel de la línea de entrada desde el grupo convertidor, se establecerá la conmutación con la línea exterior de taller.

Todos los subconjuntos y componentes serán de fácil acceso para su mantenimiento, por lo que el Adjudicatario deberá aportar documentación justificativa de la accesibilidad a todos los elementos del convertidor. No se precisará el desmontaje de otros componentes o elementos para las labores de mantenimiento y reparación.

No será necesario desmontar el convertidor del tren para proceder a la sustitución de todos los componentes del mismo.

Los convertidores serán fácilmente desmontables del bastidor del vehículo sin necesidad de desmontar otros elementos.

El convertidor deberá poder suministrar su potencia nominal en un tiempo máximo de cinco segundos, después de su puesta en marcha.

El rendimiento será como mínimo del 91% desde media hasta plena carga, para todo el margen de tensión de entrada especificado, valorándose rendimientos energéticos superiores. En las pruebas tipo se incluirá la medida de dicho rendimiento.

El convertidor estará dotado de las protecciones necesarias para evitar daños en sus componentes en caso de cortocircuito, sobrecarga, sobretensiones, subtensiones, exceso de temperatura, funcionamiento anormal de alguno de sus elementos, así como frente a cualquier otra circunstancia que el Adjudicatario considere conveniente para la protección del equipo.

Los fusibles de protección de la línea de alimentación de alta tensión estarán dotados de un dispositivo de señalización del estado del fusible, que informará del mismo al sistema informático embarcado del tren.

Los convertidores emplearán semiconductores de potencia de última generación. El Adjudicatario deberá indicar dos (2) fabricantes diferentes de dichos semiconductores.

El convertidor estará dotado de los sensores de medición de corrientes, tensiones, temperatura y cualquier otra magnitud que sea necesaria para informar al equipo de control de su estado de

funcionamiento, debiendo ser accesible la visión de sus lecturas en tiempo real a través de la pantalla de monitorización de los puestos de conducción. Dichos medidas deberán de ser publicadas en el sistema informático embarcado en el tren y podrán ser enviadas a través del canal de comunicaciones que se determine durante el proyecto.

Las tarjetas de control estarán dispuestas en un rack central, evitándose su dispersión por el equipo, y dispondrán en su frontal de las señalizaciones necesarias (tipo LED) para conocer el estado de funcionamiento de cada una de ellas, y en caso de avería poder discernir la causa de la misma.

Las tarjetas estarán dotadas de un sistema de codificación que impida su inserción en posiciones incorrectas del rack.

El rack de control estará ubicado en un lugar visible y de fácil acceso dentro del convertidor con puerta de acceso independiente y sin conexiones de alta en su interior.

El diseño de la distribución de los elementos del convertidor, se efectuará separando los circuitos sometidos a alta tensión, del resto, de forma que sea posible abrir las tapas de acceso a los elementos no sometidos a alta tensión con el convertidor en funcionamiento.

Los componentes del equipo cumplirán lo establecido en las normas CEI y UNE, especialmente las EN50207, EN50155, EN50124, EN50125, EN50163, así como las CEI571-1, CEI571-2, CEI571-3, CEI411-5, UIC616, CEI1287-1, o sus equivalentes actualizadas.

#### 2.2.1.3.1 Monitorización de los convertidores

El control del convertidor estará dotado de un software de autodiagnos que indique el módulo o tarjeta donde está localizada la avería. Este software formará parte del suministro del equipo.

El equipo de control de cada convertidor estará conectado al bus del sistema informático para intercambiar las informaciones y órdenes de mando, a tal efecto el Adjudicatario justificará la necesidad de implementar líneas hardware para transmitir aquellas órdenes que considere que deban ser externas al bus del sistema informático.

Los equipos de control deberán incorporar autodiagnóstico de fallos, averías y eventos para determinar su estado operacional:

- Operativo.
- Incidencia que no afecta al servicio.
- Modo degradado con reducción de prestaciones.
- Fuera de servicio.

El resultado de los autodiagnósticos serán transmitidos al bus del sistema informático, pudiéndose visualizar en la pantalla de monitorización y ser transmitidos al CCM, y podrán ser enviadas a través del canal de comunicaciones que se determine durante la fase de proyecto.

Se dotará a los convertidores de un sistema de registro histórico de fallos y eventos, datados con la fecha y hora del tren, que estarán acompañados del contexto asociado a cada tipo de evento o fallo. Este contexto consistirá en el registro del valor de las señales analógicas y el estado de las señales digitales relevantes, asociadas a cada tipo de evento.

El Adjudicatario garantizará que el volcado del histórico de incidencias o fallos del convertidor pueda efectuarse en modo local a un Ordenador Portátil (u otro dispositivo portátil) a través del bus del sistema informático o bien hacia el CCM a través del canal de comunicaciones que en su momento se determine. A tal efecto se proporcionará el software necesario para poder interpretar dicho histórico, debiendo ser sometido a la aprobación de FMB el formato de presentación de éstos.

Se proporcionará un programa monitor que, a través de un Ordenador Portátil conectado al propio convertidor, o al sistema informático del tren, proporcione en tiempo real los parámetros de funcionamiento del convertidor, necesarios para su mantenimiento preventivo y correctivo. Dichos parámetros podrán ser enviados a través del canal de comunicaciones que se determine durante el proyecto.

Mediante el menú de monitorización se deberá poder consultar el estado de los convertidores, mediante la visualización de los parámetros internos analógicos y digitales que informen de su funcionamiento. Para ello, el fabricante del convertidor deberá adaptarse al protocolo de comunicaciones que vendrá establecido por el sistema de monitorización seleccionado. Basándose en este protocolo, en la fase de proyecto, el Adjudicatario someterá a la aprobación de FMB las características de la información mostrada a través de la monitorización. Toda información suministrada por la monitorización del convertidor deberá de ser transmitida al sistema informático embarcado y ser accesible a través de la red Ethernet presente en el tren. Dicha información será transmitida al CCM a través del sistema de comunicación que se definirá en fase de proyecto.

Los datos obtenidos de dichos programas tendrán una estructura abierta definida para permitir su exportación a hoja de cálculo y/o base de datos.

Se debe garantizar el funcionamiento de la generación de B.T en caso de anomalía del sistema informático para lo cual en el diseño de la maniobra de mando se deberán analizar los modos degradados de dicho sistema.

#### 2.2.1.3.2 *Generación de 400 Vca trifásicos con neutro*

Cada convertidor generará y regulará la corriente alterna necesaria para:

- Alimentar los circuitos de aire acondicionado de los dos coches motores y la mitad de los equipos del remolque.
- El motor del compresor neumático.
- El cargador de batería.
- Otros equipos que puedan surgir durante la fase de proyecto (ventiladores de tracción, etc.)

En la oferta se justificarán los consumos de todos los circuitos que alimenta el convertidor, con objeto de dimensionar su potencia. Para ello tendrá en cuenta las situaciones posibles más desfavorables de funcionamiento simultáneo.

La potencia se dimensionará de forma que se disponga de un margen de reserva de un 10% de potencia adicional sobre la potencia nominal calculada.

Será un convertidor totalmente estático del tipo DC/AC.

El Adjudicatario deberá aportar datos del tiempo máximo de corte de suministro de alta que tolera el convertidor sin paro del mismo.

El filtro de entrada del convertidor se diseñará tanto para evitar la inyección de armónicos en la catenaria que pudieran afectar a otros equipos, como para filtrar la corriente de entrada del convertidor.

Las características de la tensión de salida de 400V en alterna trifásica con neutro cumplirá como mínimo los siguientes requerimientos:

- Tensión trifásica de línea  $400 \text{ Vca} \pm 5\%$ .
- Frecuencia  $50 \text{ Hz} \pm 1\%$ .
- Distorsión armónica inferior al 15%.
- La salida dispondrá de un neutro para alimentar cargas monofásicas.

#### *2.2.1.3.3 Baja Tensión 24 Vcc para equipos electrónicos*

La tensión de salida será de  $24 \text{ Vcc} \pm 1\%$  con un rizado máximo del 1% RMS.

La generación de la tensión de 24 Vcc se efectuará a partir de la tensión de batería. El suministro a potencia máxima funcionará para un margen de variación de la tensión de batería comprendido entre el +15% y -30% de su valor nominal.

El Adjudicatario justificará cuáles son los circuitos y equipos del tren que deben ser alimentados a 24 Vcc. Se tomarán las medidas necesarias para evitar la presencia simultánea de tensión de batería y +24 Vcc en circuitos y alimentaciones de equipos del tren. A tal efecto, se deberán diseñar las etapas de las fuentes de alimentación de dichos equipos, de forma que posean protecciones que aseguren que no se dañan componentes si se introduce tensión de batería en la línea de 24 Vcc.



#### 2.2.1.3.4 Alimentación de la ventilación de emergencia

La ventilación de emergencia funcionará a partir de la tensión de batería, para asegurar que en caso de falta de alta tensión funcione la ventilación de emergencia del pasaje

### 2.2.2 Aparellaje eléctrico

#### 2.2.2.1 Cables y canalizaciones

Los cables de alta tensión, baja tensión y comunicaciones, serán de la máxima calidad con aislamientos ignífugos y auto-extinguibles, cumpliendo la norma EN45455.

En relación a la instalación del cableado, se cumplirán los requisitos de la UNE EN 50343.

No se permitirá la utilización de los largueros como paso de cableado. Los cableados deberán presentar sus propias canalizaciones.

Todo el cableado estará especialmente protegido contra el desgaste por vibración contra partes fijas de la instalación. Se deberá justificar solución adoptada en fase de proyecto.

Deberán adaptarse a las recomendaciones del documento: "Performance specifications for development of electric wire and cable with improved fire characteristics for use in underground transit systems" de UITP-APTA, y que hace referencia entre otras, a las normas: CEI, 502, 540, 228, 332-1; NF C 32-070; NFPA 258; IEEE 383 y recomendaciones UITP. Cumplirán, asimismo, las características señaladas en la norma UNE20431 y UNE20432 y pasarán satisfactoriamente los ensayos descritos en la UNE20427 o sus equivalentes actualizados.

Las características mecánicas y eléctricas de los cables se adaptarán en cada caso a las especificaciones requeridas para cada equipo y utilización en el tren.

Se tenderá a unificar en lo posible los tipos de cable utilizados.

Los cableados de potencia principal, los de potencia auxiliar, los de baja potencia y los de comunicaciones serán cableados separadamente y apantallados para ser protegidos contra interferencias.

El recorrido del cableado será continuo y sin cortes entre puntos de conexión y será protegido en cada punto contra aplastamiento y abrasiones mecánicas.

El cableado bajo bastidor deberá estar protegido dentro de canalizaciones.

El lazo de seguridad, los circuitos asociados al mando y seguridad de las puertas de pasaje, el sistema ATP-ATO y el sistema de conducción automática sin conductor, tendrán canalizaciones independientes,

así como todas aquellas que el Adjudicatario considere necesarias y que puedan afectar a la seguridad de la unidad.

Serán resistentes a los aceites minerales y combustibles líquidos. Se adaptarán a la recomendación U.I.C 895.

La sustitución de los paneles de relés por equipos de lógica programable para el mando y control del tren implicará la simplificación máxima del cableado del tren, sin comprometer la seguridad, y especialmente en lo concerniente a paso de cables a través de los seccionadores y de botoneras en los enganches.

Los cables estarán adecuadamente protegidos frente a cortocircuitos o sobrecargas mediante protecciones adecuadas cuya selectividad garantice la desconexión, únicamente de los circuitos afectados por una anomalía. Para dimensionar estos elementos de protección, se tendrá en cuenta la resistencia del propio cableado con objeto de evitar situaciones de sobrecarga mantenida, que puedan provocar el calentamiento excesivo de estos cables.

Cada cable tendrá una etiqueta única en cada extremo. Los detalles de las etiquetas y las identificaciones serán definidos durante la fase de diseño.

Todas las entradas y finales de los cables, conectados a armarios de equipos, deberán ser estancas.

Las bandejas serán adecuadamente sujetadas a lo largo de toda su longitud. Las canalizaciones serán diseñadas para evitar la entrada de suciedad y escombros y serán agujereadas, sin comprometer los requisitos de robustez y permitir la ventilación y el drenaje.

Las bandejas metálicas, los codos, las uniones y otros accesorios eléctricos serán mecánicas y eléctricamente ensamblados protegiendo los cables de abrasiones y además realizarán una masa continua con la estructura del coche.

En aquellos puntos donde el cableado deba tener una mayor longitud debido al movimiento se procederá a instalar elementos necesarios de manera que se minimice la tensión mecánica.

Todo el cableado estará asegurado y protegido contra movimientos, calor y cualquier contacto con objetos conductores, afilados o abrasivos.

Las conexiones y los terminales usados en todas las partes del coche serán mecánicos, sin soldaduras, del tipo grimpado. Los terminales de los conductores para el control y monitorización serán del tipo Faston o conexiones en bornes a cable desnudo de acuerdo con las normas aplicables. La conexión que deba ser efectuada de otra manera deberá ser aprobada por FMB.

Los cables de potencia acabarán en un terminal de presión aprobado. Se suministrará suficiente cable para posibles roturas o salidas desde los terminales.

No se usarán puentes de cable entre terminales adyacentes.

El recorrido de los cables de alta tensión se dispondrá de tal manera que garantice la total seguridad de viajeros y conductor.

#### 2.2.2.2 Paso eléctrico entre coches

El paso entre coches será por mangueras desmontables enchufables en los testers. El Adjudicatario deberá justificar y someter a la aprobación de FMB la solución técnica para la interconexión eléctrica entre coches.

#### 2.2.2.3 Seccionadores de unidades

Se instalarán seccionadores de líneas de tren con objeto de poder anular eléctricamente una semiunidad averiada ( $MA_{1/2}$ - $MB_{1/2}$ ), de modo que se pueda circular con la otra semiunidad ( $MA_{1/2}$ - $MB_{1/2}$ ) no averiada y sin que afecte a los sistemas de seguridad del tren.

Dichos seccionadores deberán tener algún tipo de señalización visual para poder identificar su estado.

El número de seccionadores, las líneas a incluir, así como su ubicación en el tren, deberá ser justificada por el Adjudicatario.

Los seccionadores dispondrán de placas con la identificación de las líneas o grupos de líneas que seccionan.

#### 2.2.2.4 Conectores

Todos los conectores instalados en los sistemas y equipos del tren se seleccionarán atendiendo a:

- Su idoneidad para la función que tienen que realizar en función del tipo de señales eléctricas transmitidas, así como de las características constructivas y mecánicas requeridas en cada caso.
- Se instalarán conectores homologados para aplicación ferroviaria, según normativa vigente.
- Se deberán escoger modelos con diversas fuentes de suministro, para evitar dependencias de fabricantes.
- Para minimizar el stock de mantenimiento, el Adjudicatario deberá reducir al máximo la diversidad de conectores implementados en el tren, empleando el máximo de conectores del mismo tipo aunque queden pines libres.

El Adjudicatario deberá justificar, atendiendo a su función y localización en el tren, la elección de los conectores en función de:

- Material de la carcasa y tipo de protección aplicada.
- Características constructivas de los pines (material, acabado, etc.).
- Reparabilidad (facilidad de sustitución del conector completo o de sus pines).
- Retención de contacto.
- Rigidez dieléctrica (adecuada a las tensiones eléctricas y condiciones ambientales en cada caso).
- Choque térmico (inalterable frente a calentamiento o enfriamiento rápido por cualquier causa).
- Vibraciones a soportar en el tren sin pérdida de contacto.
- Choque físico (impactos transmitidos por el arranque o parada de equipos).
- Número de conexiones y desconexiones que se pueden efectuar sin que el conector pierda sus características mecánicas y eléctricas nominales.
- Rango de temperatura de trabajo.
- Resistencia eléctrica de aislamiento entre contactos (adecuada a las tensiones eléctricas y condiciones ambientales en cada caso).
- Humedad, proyecciones de agua corrosiva.
- Estanqueidad frente a polvo y agua.

La elección de los conectores situados en el exterior de los coches se efectuará teniendo en cuenta para cada caso las condiciones particulares de trabajo, como son salpicaduras de agua salina, lavado en túnel, detergentes, polvo, así como otras condiciones ambientales que puedan ocasionar el deterioro y corrosión de los mismos. Se deberá cumplir con los requisitos IP 65 como mínimo, de acuerdo con la norma EN 60529.

Los conectores a implementar en el tren deberán ser sometidos a la aprobación de FMB, para lo cual el Adjudicatario aportará datos de diferentes fabricantes de conectores homologados para aplicación ferroviaria. A tal efecto se aportarán referencias de los conectores empleados en otras explotaciones ferroviarias de similares características a FMB, con datos reales de la fiabilidad de los mismos.

Todos los conectores del tren deberán disponer de un sistema de enclavamiento mecánico, que impida que se puedan aflojar por el efecto de las vibraciones. No se deberán requerir herramientas especiales para aflojar los conectores, valorándose positivamente aquellos que puedan aflojarse con la mano. También estarán dotados de codificación mecánica que impida la inserción de conectores en posiciones erróneas.

#### 2.2.2.5 Relés de maniobra

Todos los contactores y relés deberán estar homologados para aplicaciones ferroviarias.

Serán del tipo enchufable, de forma que constarán de 2 partes, zócalo y relé. El zócalo estará conexionado al cableado del tren y el relé será conectado con un enchufe rápido al zócalo y su correspondiente sistema de seguridad ante vibraciones. La substitución del relé no requerirá el conexionado de cables.

Todos los contactores y relés estarán previstos para funcionar correctamente con variaciones de tensión de +15%, -30% respecto de la nominal.

En la elección de los relés se tendrá en cuenta que la temperatura que alcanzan las bobinas en conexión permanente no provoque quemadura por contacto físico, así como la no deformación mecánica de los mismos, a consecuencia de dicha temperatura.

El Adjudicatario deberá aportar datos de la fiabilidad y número de maniobras en vacío y en carga para los cuales está garantizada la vida del relé, o contactor con objeto de justificar la idoneidad de su elección.

Los relés estarán protegidos contra agentes atmosféricos tales como el agua y el polvo, así como otras condiciones ambientales que puedan afectar a su funcionamiento y fiabilidad. Estarán dotados de un accionamiento manual para testear sus contactos y de una señalización luminosa que indique su estado.

Las bobinas tendrán entre sus extremos un diodo de libre circulación u otro elemento que realice la función de absorber los picos de tensión que se producen en la desconexión de una bobina, con objeto de no afectar a los equipos del tren.

#### 2.2.2.6 Tomas de 220V AC

Se instalarán tomas de 220V AC tipo Shucko con toma de tierra, en ambas cabinas de conducción y en cada uno de los coches. El número, modelo, disposición y potencia disponible en las tomas será definido en la fase de proyecto por FMB.

#### **2.2.3 Faros y pilotos externos**

A cada lado de la parte inferior del testero de cabina, se situará un doble faro para iluminación del túnel (luz blanca), con lámparas, cortas y largas, de larga duración. Toda la iluminación será tipo LED. Dichas lámparas serán fácilmente sustituibles en un tiempo máximo de 5 minutos. Mediante esta iluminación se podrá circular:

- 1) Con luces cortas y largas simultáneamente.
- 2) Sólo con luz corta.
- 3) Con luces totalmente apagadas.

En cada lado de la parte superior del testero se colocarán dos grupos ópticos de leds blancos y rojos.

Las luces rojas y blancas de posición funcionarán directamente asociadas al sentido de marcha seleccionado, de forma que cuando la selección implique movimiento hacia adelante, se apaguen las luces rojas del lado de la cabina de conducción y se enciendan las luces blancas de la misma, y si la selección es de marcha atrás, deberá generarse la misma secuencia en el testero de la cabina contraria.

Se iluminarán los dos módulos rojos de ambos testers cuando en el tren no esté conectada ninguna llave de gobierno o no se haya seleccionado dirección (en conducción manual) o el sistema de conducción automática no haya tomado el control del tren en una determinada dirección.

Para el mando manual de los faros existirán en el pupitre de conducción pulsadores, u otro dispositivo que puede proponer el Adjudicatario y que deberá aprobar FMB, para encender y apagar los faros de iluminación de túnel (cortas y largas). Estos pulsadores se situarán en el puesto de conducción de forma que estén diferenciados y distanciados del resto. Cuando alguno de estos pulsadores esté activado se iluminarán.

En el exterior del tren existirán los siguientes pilotos indicadores led de luz de alta intensidad:

- En la parte superior de los dos laterales exteriores de cada coche del tren (Vía 1, Vía 2), existirá los siguientes indicadores luminosos:
  - Un indicador luminoso de color blanco que lucirá sólo cuando alguna puerta del lateral del coche en el que se encuentra situado no esté correctamente cerrada.
  - Un indicador luminoso de color ámbar que sólo lucirá mientras permanezca accionado algún tirador de alarma de pasaje, del coche en el que se encuentre situado. Ambos pilotos serán a muy alta visibilidad.
  - Indicadores luminosos (uno por lado) que lucirán intermitentemente cuando se lance el aviso acústico del cierre de las puertas del mismo coche y se mantendrá iluminado fijo durante el cierre de la misma. Una vez cerradas las puertas de ese coche, el piloto deberá apagarse. El color de dicho indicador será definido en fase de proyecto. (Ver apartado “2.5 PUERTAS (E)”)
- Además de los anteriormente descritos, en los coches con cabina de conducción existirá:
  - Un indicador luminosos de color azul que lucirá cuando se haya activado el dispositivo que anula el equipo ATP (Llave especial, M+25 o ATPR) del sistema de conducción automática que esté operativo en ese momento en el tren.
  - Un indicador luminosos rojo visible desde el exterior e interior del mismo del tren que indique un cierto estado de descarga de la batería del tren que se determinará durante la fase de proyecto. Dicha señalización debe poder permitir detectar niveles de carga de batería anormalmente bajos sin necesidad de conectar el tren para comprobarlo.

Tanto los faros como los pilotos estarán alimentados a 24 Vcc. y deberán tener un grado de protección mínimo IP65.

#### 2.2.4 Circuitos y dispositivos de seguridad

Los lazos de seguridad son circuitos eléctricos que recorren el tren de extremo a extremo, conectando todos los equipos y dispositivos que pueden ordenar el frenado del tren o el corte del esfuerzo de tracción, cuando existan condiciones que afecten a la seguridad del mismo o de los pasajeros. Normalmente estos lazos están cerrados eléctricamente, pero cuando alguno de los elementos abre el circuito, se activa el freno de emergencia y/o se elimina de manera segura el esfuerzo de tracción.

Existirán principalmente dos lazos de seguridad, aunque el Adjudicatario podrá proponer variaciones sobre estos que deberán de ser aprobadas por FMB:

- Lazo de tracción.
- Lazo de freno.

Para anular cada uno de los lazos se deberá accionar un “pulsador-interruptor” de seguridad, emplazado en el puesto de conducción con mando del tren (bypass lazo de tracción/bypass lazo de freno). Dichos pulsadores estará convenientemente precintado, debiéndose romper totalmente el precinto para poder presionarlo, dicho precinto deberá ser aprobado por FMB en fase de proyecto. Será de color rojo y se iluminará al estar pulsado. Será posible visualizar el estado de los diferentes lazos de seguridad (abierto, cerrado o puenteado) en la pantalla de ayuda a la conducción (IHM) y por el CCM a través del canal de comunicación que se determine en fase de proyecto.

También se podrán anular intervenciones de ciertos elementos en los lazos mediante el accionamiento de los correspondientes “pulsadores-interruptores” de seguridad, emplazados en el puesto de conducción con mando del tren. (Bypass lazo parcial de un elemento). Dichos pulsadores serán de igual características al anterior.

La relación de sistemas que contarán con un by-pass específico para anular su actuación sobre los lazos de seguridad se concretará conjuntamente entre el fabricante y FMB durante la fase de proyecto.

El recorrido del circuito de lazo por los coches será por conductos independientes del resto de la instalación.

##### 2.2.4.1 Lazo de tracción

El lazo de tracción se implementará mediante un cable unipolar blindado con gran resistencia a la abrasión (según especificaciones del apartado “2.2.2 Aparellaje eléctrico”). Este circuito eléctrico se

diseñará con técnicas fail safe, con especial atención a derivaciones de cableado que puedan comprometer la correcta funcionalidad del lazo.

La apertura del lazo de tracción provocará:

- El corte de la tracción en todos los coches motores, con apertura del contactor de tracción.
- La activación de una señalización en el puesto de conducción mediante un aviso de fallo automático a través de la pantalla de monitorización con indicación del elemento y la causa que ha provocado la apertura del lazo. En el caso de conducción sin conductor se enviará esta información al CCM a través del canal de comunicación bidireccional tren-tierra que en su momento se determine.

La apertura del lazo de tracción se producirá cuando:

- a) En conducción manual el selector de marcha no está en “0” en el puesto de conducción sin mando.
- b) No se encuentra activa la orden de cerrar puertas, en la línea de cierre de puertas.
- c) No todas las puertas del tren se encuentran cerradas y enclavadas.
- d) Cuando exista orden de autorización de apertura de puertas.
- e) Se desacople un tren, quedando frenados los dos trenes desacoplados.
- f) Lo demande el ATP.
- g) Lo demande la central de freno.
- h) En freno de estacionamiento no se encuentre aflojado.
- i) La alimentación exterior de B.T. de apoyo al tren esté conectada.

El Adjudicatario indicará y justificará aquellas situaciones no contempladas en este documento que sea necesario abrir el lazo de tracción.

#### 2.2.4.2 Lazo de freno

El lazo de freno se implementará mediante un cable unipolar blindado con gran resistencia a la abrasión (según especificaciones “2.2.2 Aparellaje eléctrico”). Este circuito eléctrico se diseñará con técnicas fail safe, con especial atención a derivaciones de cableado que puedan comprometer la correcta funcionalidad del lazo.

La apertura del lazo de freno provocará:

- El corte de la tracción en todos los coches motores, con apertura del contactor de tracción.
- La aplicación de la máxima presión de freno neumático manteniendo los equipos de antibloqueo activos, excepto cuando ha sido la seta de emergencia la que ha abierto el lazo.
- La activación de una señalización en el puesto de conducción mediante un aviso de fallo automático a través de la pantalla de monitorización con indicación del elemento y la causa



que ha provocado la apertura del lazo. En el caso de conducción sin conductor se enviará esta información al CCM a través del canal de comunicación bidireccional tren-tierra que en su momento se determine.

La apertura del lazo de freno se producirá cuando:

- a) Se desacople un tren formado durante el servicio, quedando frenadas las dos partes del tren.
- b) Se accione cualquiera de los aparatos de alarma situados en el departamento de pasajeros, durante los primeros 45 metros recorridos desde la reanudación de la marcha en una estación (esta distancia se deberá poder configurar de una forma segura). En el caso de conducción automática sin conductor, la funcionalidad se definirá en la fase de proyecto.
- c) La presión del aire de la tubería principal del circuito neumático sea inferior a un valor prefijado que se señalará en la oferta. El Adjudicatario deberá asegurar que ante una situación real de falta de presión de aire en el tren, nunca pueda producirse la anulación del lazo Emergencia.
- d) El ATP no se encuentre operativo y el Tren-Stop haga petición de freno. El Tren-Stop abrirá el lazo cuando: se rebase un semáforo rojo, se rebase una baliza de velocidad a mayor velocidad que la permitida por la baliza y cuando el Tren-Stop no detecte una baliza de semáforo entre balizas de estaciones. Cuando exceda la distancia a la que debía de encontrar la baliza de reseteo y carga de distancia (estación) y cualquier otra situación que el equipo Tren-Stop considere que afecta a la seguridad del tren.
- e) El equipo ATP demande freno de emergencia.
- f) El sistema de conducción automática sin conductor haga petición de freno de emergencia.
- g) Se active el sistema de detección de descarrilo.
- h) Se active la seta de emergencia.
- i) Se active hombre muerto.
- j) Se solicite frenado de emergencia mediante el manipulador de tracción/freno (posición F7).
- k) El selector de marcha se encuentre en posición neutra.
- l) Ninguna cabina del tren se encuentre activa.

El Adjudicatario indicará y justificará aquellas situaciones no contempladas en este documento que sea necesario abrir el lazo de freno.

#### 2.2.4.3 Seta de emergencia

La seta de emergencia es un pulsador con enclavamiento situado en el puesto de conducción que permite demandar la aplicación de freno de emergencia desde el puesto con mando de tren, en aquellas situaciones que se consideren que afectan a la seguridad del tren.

En el caso de conducción automática sin conductor se podrá accionar la seta desde ambos puestos de conducción, sin estar condicionada a que cualquiera de estos tenga mando de tren.

Su actuación provocará las siguientes acciones:

- Apertura del lazo de tracción e inhibición de la tracción en todos los coches del tren.
- Apertura del circuito del lazo de freno, con aplicación del freno de emergencia y actuación del sistema antibloqueo en caso necesario. El sistema antibloqueo deberá de diseñarse con todos los requerimientos de seguridad necesarios para cumplir con dicha función.
- Aplicación del freno de estacionamiento.

Tanto la activación de la seta de emergencia como el frenado del tren y la actuación del sistema antibloqueo (consecuencia de la activación de la seta) se realizará mediante un sistema de seguridad fail safe.

Este modo de freno es el de máximo nivel de seguridad de todos los disponibles en el tren. El Adjudicatario deberá demostrar en fase de proyecto que su nivel de seguridad resulta adecuado, mediante los correspondientes estudios frente a normativas y códigos prácticos que gocen de amplio reconocimiento en el sector ferroviario (normas EN, fichas U.I.C, especificaciones de interoperabilidad, etc.).

La activación debe ser por apertura de circuito eléctrico, y una vez accionado quedará enclavado mecánicamente siendo necesario desenclavarlo para su normalización. El estado de la seta de emergencia se señalará por un piloto luminoso que se iluminará al accionarla, al mismo tiempo que informa de su estado al sistema informático del tren.

En el caso de conducción automática sin conductor, se enviará la información al CCM con identificación de la seta activada a través del canal de comunicación bidireccional tren-tierra que en su momento se determine.

El pulsador será del tipo “seta” siendo su color rojo y la base destacada en amarillo. El pulsador con enclavamiento empleado para la función de seta de emergencia debe estar homologado (ISO 13850, IEC 60947-5-5,...) para accionamiento en maniobras de seguridad.

La ubicación en el puesto de conducción será aprobada por FMB, teniendo en cuenta:

- Fácil y rápido acceso para su accionamiento, pero evitando la posibilidad de accionamiento involuntario.
- En caso de conducción automática sin conductor debe ser accesible mediante trampilla.

#### 2.2.4.4 Pulsadores de anulación de protecciones

En los puestos de conducción se implementarán pulsadores de anulación de los siguientes elementos de seguridad del tren:

- Anulación Tren-Stop

- Anulación lazo de tracción
- Anulación lazo de freno
- Anulación hombre muerto
- Anulación lazo de puertas

La actuación sobre los diferentes by-passes quedará grabada en el registrador del tren. Así mismo se deberá de informar de dicha situación en las pantallas de ayuda a la conducción y enviar esta información al CCM mediante el canal de comunicación que se determine en fase de proyecto.

El Adjudicatario propondrá aquellos que considere necesarios o que surjan en la fase de proyecto y debiendo ser sometidos a la aprobación de FMB todos ellos.

Deberán ser precintables, mecánica y eléctricamente robustos. Para poder activarlos será necesario romper su precinto. Se iluminarán al activarse. Se validarán por FMB en fase de proyecto.

La ubicación en los puestos de conducción de los pulsadores-interruptores de anulación y reposición deberá ser aprobada por FMB.

En conducción automática sin conductor se preverá que se pueda ordenar las anulaciones antes descritas mediante el envío de una orden del operador del CCM a través del canal de comunicación bidireccional tren-tierra que en su momento se determine.

#### 2.2.4.5 Tiradores de alarma

Se colocará un tirador de alarma en cada puerta. Los tiradores de alarma se accionarán mediante un sistema con enclavamiento mecánico. Una vez accionada la palanca, ésta se enclavará. Desde el puesto de conducción con mando de tren y el CCM, se podrá efectuar la reposición remota de los tiradores accionados y enclavados. En ningún caso podrán ser rearmados por el pasaje.

Siempre que se accione alguno de los tiradores de alarma del tren y se esté en conducción manual:

- a) Se iluminarán los dos indicadores luminosos de color ámbar situados en ambos laterales del coche donde se ha accionado.
- b) Se iluminará un indicador luminoso en el puesto de conducción donde también deberá sonar una alarma acústica la cual se silenciará al reponer todos los aparatos de alarma accionados o mediante un reconocimiento de dicha alarma acústica, este reconocimiento vendrá dado por la pulsación del botón del micrófono de megafonía. Además, se deberá recibir la información que identifique el tirador accionado.
- c) A través del sistema de megafonía del tren se establecerá una comunicación full-dúplex entre el conductor y el pasajero. Si el tren ya ha recorrido los 45 metros desde la salida de la última estación, se inhibirá la aplicación del freno de emergencia hasta que el tren se encuentre parado, momento en el cual será preciso reponer el aparato de alarma para desfrenarlo. La

inhibición la efectuará el equipo de caja negra, no obstante si el Adjudicatario considera que existe otro sistema más apropiado para tal función deberá justificarlo en fase de proyecto. Por tanto el adjudicatario deberá considerar que el equipo de caja negra deberá de tener el nivel de seguridad adecuado a esa función.

- d) El equipo de video vigilancia fijará la imagen de las cámaras asociadas al tirador. La pantalla de información mostrará las señalizaciones de cada uno de los tiradores accionados, indicando cuál de ellos es con el que se ha establecido comunicación por megafonía en cada momento, que debe coincidir con el que aparece en la pantalla de videovigilancia.
- e) Desde la cabina de conducción se podrá ordenar la reposición del tirador.
- f) En el caso de no “reconocimiento” de la alarma al cabo de un tiempo establecido (15 segundos), el equipo de radiotelefonía dará conocimiento al CCM estableciendo comunicación CCM-pasaje. Este tiempo deberá ser configurable, así como la anulación de esta funcionalidad.

En conducción automática sin conductor cuando se accione alguno de los tiradores de alarma del tren:

- a) Se establecerá una comunicación full-dúplex de audio y video con el operador del CCM a través del canal de comunicación bidireccional tren-tierra que en su momento se determine.
- b) La comunicación podrá ser finalizada cuando el operador del CCM lo ordena.
- c) En el CCM se deberá recibir la información que identifique los tiradores accionados, indicando el tirador y tren con el que se ha establecido comunicación.
- d) El operador del CCM podrá ordenar la reposición del tirador mediante el envío de una orden a través del canal de comunicación bidireccional tren-tierra que en su momento se determine.
- e) En el caso de conducción automática sin conductor la funcionalidad de la aplicación del freno de emergencia antes de que el tren recorra 45 metros desde la salida de la última estación se definirá en la fase de proyecto

El tipo y las características técnicas de los intercomunicadores de los tiradores de alarma tendrán que ser especificadas por el Adjudicatario.

Se debe garantizar la calidad de la comunicación acústica entre tirador de alarma y el puesto de conducción o CCM en cualquier circunstancia, para lo cual el Adjudicatario deberá aportar un estudio con las especificaciones de la sensibilidad que tendrá el micrófono en función de la dirección de procedencia del sonido y garantizar la atenuación del ruido ambiente captado por el micrófono.

El tirador de alarma y los intercomunicadores se instalarán juntos. En la señalización de los mismos se indicará la funcionalidad de cada uno de ellos.

#### 2.2.4.6 Central de Registro (Caja Negra)

Existirán dos centrales de registro de datos o eventos (Caja Negra), por tren.

La central de registro obtendrá la medida de la velocidad del tren, captándola de los ejes que a criterio del Adjudicatario proporcionen la medida más fiable para evitar los efectos de error en patinaje y deslizamiento. Estas señales se filtrarán adecuadamente para eliminar la posible llegada de falsa información debida a ruidos eléctricos.

Los captadores de velocidad deberán reconocer el sentido de giro de los ejes, debiendo medir velocidades desde 0 km/h (detección absoluta de velocidad cero) hasta una velocidad superior a la velocidad de aplicación de freno de emergencia por sobrevelocidad del tren. Se deberán aportar datos del sistema de captación de velocidad, de la resolución y linealidad del sistema de captación de velocidad, siendo sometido a la aprobación de FMB.

El sistema de captación de velocidad debe ser redundado en cada uno de los equipos de Caja Negra, siendo capaz de detectar cualquier fallo del captador.

El valor numérico del diámetro de ruedas se podrá introducir desde el propio equipo Caja Negra y desde el puesto de conducción por pantalla de monitorización. Este valor estará acotado entre los máximos y mínimos admisibles por la rueda, no permitiendo introducir valores fuera de estas cotas. El diámetro de ruedas se introducirá en un solo equipo y todos los demás equipos recibirán esta información a través del bus (ATC, tren stop, caja negra, tracción, etc..)

Este equipo dispondrá de una memoria que permita el registro de las señales con dos niveles de resolución y duración.

La Central de Registro adquirirá el estado de sus entradas (discretas o analógicas) directas periódicamente, con una frecuencia mínima de 1 vez cada 20 milisegundos. Sobre dichas entradas se aplicará un filtrado por hardware y por software.

El estado activo de las entradas discretas se representará internamente mediante un bit con valor 1, y el estado inactivo mediante un bit con valor 0.

La medida del valor de las entradas analógicas se realiza en unidades de convertidor analógico-digital con una resolución de como mínimo 10 bit. El valor se representa internamente mediante una palabra de 16 bit sin signo.

Cuando se produzca un cambio en el estado en cualquiera de las señales digitales y analógicas, se efectuará el registro en memoria de dicho estado y del nivel que tengan en dicho instante todas las señales y parámetros.

En el caso de las señales analógicas y de velocidad, para evitar el registro de ruido en una señal, se registrará una señal cuando se dé un valor de desviación porcentual mínimo, necesario de la señal de entrada respecto al último valor registrado.

La memoria tendrá capacidad suficiente para registrar las señales correspondientes a un intervalo de 60 días.

La arquitectura del equipo será modular, permitiendo ampliar las señales registradas en al menos un 20%.

El dispositivo de grabación tendrá como mínimo capacidad para registrar 64 entradas digitales cableadas a definir en la fase de proyecto y dispondrá de una reserva de 16 entradas digitales cableadas para futuras incorporaciones.

Entre las señales analógicas a registrar, estarán como mínimo:

- Velocidad del propio equipo (a partir de la velocidad se obtendrá la curva de aceleración que también registrará).
- Velocidad del equipo ATC.
- Señal del esfuerzo desarrollado por los equipos de tracción y freno de la unidad.
- Señal de consigna (la demandada en conducción manual, o por el sistema de conducción automática).
- Tres entradas adicionales y configurables para tratamiento de señales.

Las señales a registrar, analógicas y digitales, se definirán en la fase de proyecto a partir de una propuesta inicial que deberá ser elaborada por parte del Adjudicatario.

Las señales a registrar provenientes del BUS de comunicaciones del sistema informático del tren serán como mínimo de 128, y se definirán en la fase de proyecto a partir de una propuesta inicial que deberá ser elaborada por parte del Adjudicatario.

El registro de las señales digitales directas y de las provenientes del bus deberá efectuarse de modo que no existan retardos que puedan conducir a una interpretación errónea del contexto de incidencias.

También grabará la posición del tren en la línea. En el caso de circular por Líneas con Tren-Stop en vía, se grabará el código de estación recibido por el equipo ATO o, en su defecto, por el Tren-Stop, con el nombre de la estación correspondiente.

Todas las señales registradas deberán estar identificadas en el tiempo y en el espacio, es decir, composición del tren, lugar y hora en que se ha producido el evento.

La presencia de modos degradados en el sistema informático no afectará al registro de las señales críticas para el análisis de incidencias. A tal efecto durante la fase de proyecto el Adjudicatario propondrá que señales deben ser cableadas directamente sin pasar por el sistema informático.

El equipo de registro efectuará un auto-test en su puesta en marcha y cuando se le indique mediante las órdenes adecuadas. En caso de anomalía, deberá mostrarse una indicación de fallo y se enviará la señal de fallo al equipo informático y a la pantalla de monitorización.

Los datos de fecha y hora de los Equipos de Registro sincronizarán a todos los equipos del tren que utilicen reloj en tiempo real, a través de la monitorización, ya que el reloj de este equipo será utilizado como patrón. Ambos equipos de registro estarán sincronizados. El equipo de registro del coche MA1 actuará como patrón del reloj de tiempo real y en caso de avería del mismo, lo será el equipo del coche MA2. Los cambios introducidos en el reloj de tiempo real quedarán registrados en el mismo con los datos de antes y después de la modificación, para garantizar la trazabilidad.

El Adjudicatario podrá proponer una gestión alternativa del patrón de tiempo real, que será sometido a la aprobación de FMB.

Se deberá contemplar la existencia de horario de verano e invierno y deberá poder sincronizarse la hora de los trenes desde el CCM, para lo cual, se deberá ofertar un sistema que permita lanzar la orden correspondiente desde el CCM a todos los trenes de la línea mediante alguno de los canales de comunicación tierra-tren a definir a lo largo del proyecto.

Los datos de numeración de coche, diámetro de ruedas, etc. le serán enviados al equipo mediante el sistema informático embarcado.

La recuperación de los datos registrados y su tratamiento se efectuarán mediante ordenador portátil. Para ello se suministrará el software necesario y éste debe funcionar bajo entorno Windows.

El equipo Caja Negra dispondrá de un conector USB o ETHERNET para la extracción de los datos.

El programa de extracción de datos permitirá establecer el intervalo de tiempo de datos registrados que se desee extraer para su análisis.

El Adjudicatario deberá someter a la aprobación de FMB el programa de extracción y análisis de los datos recuperados del equipo de registro, pudiendo ser objeto de rechazo el equipo en el caso que se considere que las prestaciones ofrecidas por el mismo sean insuficientes.

El módulo de soporte físico de los datos registrados (caja negra) será extraído fácilmente de su equipo en el tren e insertado en un útil especial de volcado de datos en banco sin necesidad de establecer configuraciones personalizadas. El borrado de los datos solamente se podrá efectuar mediante la clave apropiada. El Adjudicatario suministrará dicho útil con el software necesario.

El Equipo de registro (Caja Negra), donde permanecen los datos registrados, estará libre de todo mantenimiento.

La estructura de los datos registrados será abierta en un formato que permita su tratamiento mediante hoja de cálculo, o base de datos, para elaborar informes y estadísticas. Asimismo, para futuras ampliaciones de la red, el software del registrador debe permitir la incorporación de nuevas estaciones, así como la reconfiguración del nombre de señales digitales y analógicas, etc. El software del tratamiento de datos debe adecuarse fácilmente a estos cambios.

El equipo de registro tendrá detección de velocidad "0 Km/h". Esta salida será programable en la activación y desactivación, en pasos de 0,5 km/h desde 0 a 4 km/h. Esta señal informará a la lógica de mando de puerta de pasaje de si el tren está detenido o en movimiento.

El equipo de registro tendrá detección de 45 metros de distancia recorrida, siendo este valor configurable. Esta señal de salida será empleada en la maniobra de los tiradores de alarma, de acuerdo con lo especificado en el apartado dedicado a los mismos.

Dichas actuaciones estarán supervisadas por el propio equipo de registro, grabando e informando al puesto de conducción de un funcionamiento anómalo por medio del sistema informático de tren. En modo automático sin conductor dichas anomalías serán transmitidas al CCM a través de canal tren-tierra que en su momento se determine.

Se deberá poder efectuar un volcado remoto de datos registrados en la caja negra de cualquier tren hacia CCM o talleres, a través del canal Tren-Tierra que en su momento se determine.

La configuración por defecto del software de la caja negra será el correspondiente a la serie de trenes correspondiente al objeto del presente pliego. En caso de cambio de configuración (por ejemplo modo pruebas, forzado estado salidas, etc.) se mostrará dicho estado en la pantalla de información al conductor, una señalización y registro en el propio equipo.

Después del cierre de las puertas y al ponerse en movimiento el tren, se comenzará a contar la distancia.

Asimismo, el equipo deberá gobernar un cuentakilómetros mecánico que mostrará el kilometraje recorrido por el tren con una resolución de 100 metros. Sólo se podrá resetear por personal técnico autorizado mediante el empleo de una herramienta especial suministrada a tal efecto. El cuentakilómetros se instalará en el interior de los armarios de los puestos de conducción.

El Adjudicatario deberá justificar la seguridad del soporte de registro de datos grabados frente condiciones que pudieran afectar a la integridad de los mismos (choque, aplastamiento, vibraciones, temperatura, agua, campos electromagnéticos, etc.), así como el cumplimiento de las normas ferroviarias aplicables a cajas negras: CEI 60571, CEI 61373, CEI 61375, UNE EN 50121.

El registrador dispondrá de memoria protegida (CPM) de acuerdo a los requisitos de la IEE 1482-1.

La extracción de los datos de la caja negra se podrá realizar también desde la cabina de conducción.



#### 2.2.4.7 Detección de incendios

(Ver punto 5.2.1.3 Sistemas de control y gestión del fuego).

Los trenes estarán dotados de un sistema de detección de incendios con sensores distribuidos en el interior de cada coche (al menos dos por coche) y una central de detección individual por coche. En fase de oferta se presentará la propuesta de arquitectura del sistema de detección de incendios.

El Adjudicatario propondrá el sistema, funcionalidad y acciones más adecuadas a realizar por el tren en caso de alarma de incendio (en cada uno de sus diferentes niveles).

El sistema dispondrá diferentes niveles de alarma escalonadas en función del umbral de detección del nivel de humo.

El sistema de detección de incendios deberá discriminar si el foco de humo proviene del interior o exterior del tren.

El Adjudicatario propondrá y consensuará con FMB las acciones a realizar en conducción manual y automática sin conductor para garantizar la seguridad del pasaje y del propio tren, en caso de incendio tanto interior como exterior (estado trampillas de aire externo, el funcionamiento del aire acondicionado, grabación de video, estado ventilación de emergencia, comunicaciones, etc.). Esta propuesta será validada en la fase de proyecto y sometida a la aprobación de FMB.

Si el tren estuviese conducido manualmente se mostrará un aviso a través de la pantalla de monitorización identificando el coche en el que se ha producido la alarma y se enviará la alarma de incendio hacia el CCM empleando el canal de comunicaciones tren-tierra en caso de estar disponible.

Si el tren estuviese en modo de conducción automática sin conductor se enviará la alarma de incendio hacia el CCM empleando el canal de comunicaciones tren-tierra que en su momento se determine. La alarma estará acompañada de la identificación del tren y coche de la cual procede.

El sistema detector de incendio no deberá de precisar reajustes de calibración a lo largo del tiempo por derivas en sus sensores.

En la oferta se describirá el sistema de detección empleado y su funcionalidad y en fase de proyecto se demostrará su fiabilidad para no producir falsas alarmas. Así mismo se indicarán los medios dispuestos para evitar la propagación del incendio en caso de producirse.

Será de aplicación, en todo lo que le afecte, la norma EN45545.

## 2.3 PUESTO DE CONDUCCIÓN (C)

El pupitre de conducción contendrá todos aquellos aparatos, manipuladores, pulsadores, etc... necesarios para la conducción. También se incluirá el resto de aparatos e informaciones que serán fácilmente identificables y accesibles desde su asiento.

En cada puesto de conducción se instalará un esfuercímetro con escala positiva y negativa que mostrará, en la escala positiva, la suma del par motor desarrollado por todos los equipos de tracción del tren cuando está traccionando; y en la escala negativa, la suma del esfuerzo de freno eléctrico y de freno neumático desarrollado por todos los coches.

En cada puesto de conducción se instalará un amperímetro de línea con escala positiva y negativa que mostrará, en la escala positiva, la corriente absorbida de catenaria por la unidad y en la escala negativa, la corriente total devuelta por la unidad hacia la catenaria durante el freno regenerativo.

En los puestos de conducción existirá un amperímetro de doble escala para indicar la corriente de batería y un voltímetro que señalice la tensión de la misma.

En el pupitre del puesto de conducción existirán dos pulsadores, (pulsador CON) y (pulsador DES), con los que respectivamente se podrá ordenar la conexión y desconexión en modo local manual del disyuntor de tracción. En este caso el manipulador tracción-freno deberá estar situado en la posición de deriva.

Para poner en marcha el tren se dispondrá de un sistema de identificación de motorista que deberá poder ser actualizable desde el CCM a través del canal de comunicación que se defina en proyecto. La oferta deberá de incluir la descripción de dicho sistema.

En el puesto de conducción, concretamente en la pantalla de monitorización, deberá existir señalización visual que informe sobre el estado del disyuntor, además, dicha información será enviada al CCM y al taller.

En cada puesto de conducción se instalará un voltímetro para informar de la tensión presente en el circuito de alta tensión de la unidad de tracción. Las informaciones mostradas por el voltímetro no estarán condicionadas por el estado operativo del sistema informático. La caída total o parcial de dicho sistema no afectará al funcionamiento del voltímetro.

El punto de toma de la medición deberá estar situado antes del disyuntor de tracción o fusible de convertidor, con objeto de garantizar que el voltímetro de línea señalice siempre la tensión de entrada presente en el circuito de alta tensión de la unidad.

El puesto de conducción será diseñado de tal forma que cumpliendo con todos los requerimientos de este pliego, se pueda realizar la evacuación del pasaje por la puerta frontal de cabina. El Ofertante deberá de incluir documento justificativo de este requerimiento.

El ofertante suministrará con la oferta, los planos debidamente acotados del puesto de conducción, indicando en su proposición los elementos que incluye, así como las soluciones adoptadas para las puertas de acceso desde exterior y pasaje y el cumplimiento de requerimiento solicitados.

El mando de tracción y freno del tren en puestos de conducción se realizará a través de los siguientes elementos:

- Llave de gobierno con sistema de identificación de motorista.
- Selector de marchas.
- Manipulador de marcha freno.

Los 3 elementos citados estarán enclavados mecánicamente (no será suficiente el enclavamiento eléctrico), de manera que para desplazar el selector de marchas a una posición distinta de cero sea necesario conectar la llave de gobierno. Para poder mover el manipulador de tracción-freno será necesario colocar el selector de marcha en una posición distinta de cero. El sistema será robusto y sin ajustes para evitar bloqueos del manipulador.

En el puesto de conducción se colocarán serigrafías identificativas de las distintas posiciones que pueden tomar los tres elementos citados.

Las características del control de velocidad serán ergonómicas y deberán ser sometidas a la aprobación de FMB.

Los pulsadores de selección, autorización de apertura y cierre del lado izquierdo estarán situados en el puesto de conducción a la izquierda del motorista y los del lado derecho a la derecha.

Los aparatos se distribuirán de tal forma que su accesibilidad sea fácil para la revisión y limpieza.

Se propondrán diversos materiales para la carcasa del pupitre, teniéndose en cuenta que debe ser inastillable, fácilmente lavable, no decolorándose con el uso, incombustible y resistente a la abrasión. Asimismo, el acabado de la superficie del pupitre no debe producir reflejos no deseados que dificulten la conducción del maquinista. Será modular y fácilmente desmontable del resto del conjunto para efectuar la revisión de los aparatos.

Los teclados, pantallas e instrumentos de medida tendrán protecciones antivandálicas.

Los teclados y accionamiento tendrán una resistencia óptima para el accionamiento con la mano.

Los pulsadores de bypass (freno, puertas, hombre-muerto, etc.) deberán estar en lugar accesible al conductor.

Los equipos y dispositivos del pupitre se encontraran ubicados dentro del área de alcance máximo (550 mm-650 mm desde el hombro).

Existirá en cabina un sistema de detección y aviso capaz de informar a la cabina activa a través de la pantalla de control de tren y de una alarma sonora y puntual que la cabina no activa se encuentra ocupada por personas.

El puesto de conducción incorporará doble pantalla que facilitará el control de la seguridad del pasaje por el motorista. Estas pantallas estará compartidas por dos equipos de seguridad distintos:

a) Equipo de control del pasaje en el interior de los coches:

En el interior de los coches se dispondrán de unas cámaras de CCTV que permitan controlar completamente el pasaje del tren, sin ángulos muertos de cobertura interna. Ver. Apartado “2.13.6 Video vigilancia”.

b) Cámaras retrovisoras:

En cada lateral del tren se dispondrá de una cámara en cada cabina de conducción y dos cámaras en los remolques, existiendo un total de 8 cámaras retrovisoras por tren, evitando así puntos ciegos en los andenes en curva. La visión de los andenes servirá para poder supervisar la entrada y salida de los viajeros al tren y poder reanudar la marcha una vez ha podido comprobar que ha terminado el movimiento de las personas

La cabina de conducción incorporará los siguientes elementos: limpiaparabrisas, antivaho y parasol (con accionamiento eléctrico).

En la cabina de conducción se instalará un sistema de fijación de dispositivos móviles (móvil, Tablet,...) y se dispondrá una toma de carga de 220V.

Se deberá considerar una puerta de evacuación frontal en todos los trenes tanto en los trenes para L1 y L3. En el caso de los trenes con cabina de conducción se deberá considerar que tanto el pupitre y el asiento de motorista deberá diseñarse de tal manera que permita la evacuación de Motorista y pasaje por dicha puerta.

En la Oferta se valorará propuesta técnica de desmontaje de la cabina de conducción para la transformación a conducción GOA nivel 4. Incluyendo planos y presentación 3D.

Esta propuesta deberá considerar como mínimo los siguientes puntos:

- Eliminación de pupitre de conducción fijo y asiento de motorista
- Implantación de pupitre de conducción escamoteable con la misma funcionalidad que el pupitre original.
- Eliminación de puertas laterales de acceso cabina
- Eliminación de equipo de aire acondicionado de cabina.

- Mantener las condiciones de evacuación originales incorporando un mecanismo de desbloqueo accionable por el pasaje garantizando la seguridad.

### 2.3.1 Acceso al puesto de conducción

Para el acceso al puesto de conducción, se debe de dotar de una puerta a cada lado del vehículo que permita el acceso directo al exterior desde la cabina de conducción. Estas deben ser de fácil apertura desde el interior conectadas al sistema de conducción para evitar su apertura con el tren en marcha.

El acceso tanto a las cabinas de conducción como a los mandos del tren para la puesta en marcha, estará dotado de un sistema de control de accesos. El control de acceso para la cabina estará instalado en la puerta de acceso que segrega la cabina de conducción de la zona de pasaje y en las puertas laterales de acceso a cabina.

Dicho control de accesos será con un sistema del tipo sin contacto. Deberá ser programable y actualizable desde el CCM mediante el canal de comunicaciones que se defina en fase de proyecto. El Ofertante podrá proponer métodos de seguridad de acceso a cabina y puesta en marcha del tren que considere oportunos.

Las puertas de acceso exterior a cabina de conducción serán con una sola hoja pivotante, deslizante, empotrable, con guiado y sustentación superior e inferior, de forma que en posición cerrada, quedan alineadas con los costados del coche y en posición abierta quedan superpuestas a los mismos.

El paso de las puertas de acceso lateral a la cabina de conducción desde el exterior, con la hoja en posición abierta, no será en ninguna circunstancia inferior a 0,625m de anchura libre, y de igual altura que las puertas de pasaje.

Se cuidará especialmente la estanqueidad general de la cabina y se tomarán las medidas necesarias para que las puertas hermeticen completamente la cabina.

La separación entre cabina de conducción y pasaje debe ser a partir de un tabique estanco, para impedir el paso de posibles sustancias que puedan encontrarse en la zona de pasaje (polvo, disparo de extintores, etc.).

El acceso al tren, desde la vía, se realizará mediante escalera fija integrada en la estructura del tren, inclinada o vertical. Cumplirá con los requisitos establecidos en la UNE-EN ISO 14122-4:2017 "Seguridad en las máquinas medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales (Escalas fijas)":

- Dispondrán de dos montantes laterales. La separación entre los dos montantes estará comprendida entre 400 mm y 600 mm.
- La escalera estará dotada de peldaños sucesivos con una anchura mínima de 150 mm y espacio suficiente tras el escalón para introducir completamente el pie.

- Dispondrán en su pisadera de un material que permita la buena adhesión del calzado.
- La separación entre los peldaños sucesivos debe ser constante y estará comprendida entre 225 mm y 300 mm.
- La distancia de separación entre la superficie de salida (plano del patín de la vía) y el primer peldaño no debe sobrepasar los 400 mm.
- El peldaño superior debe estar colocado al mismo nivel que la plataforma de llegada.
- Estará dotada de asideros o barandillas a ambos lados.
- La altura mínima de los pasamanos será de 1 m y el espacio libre de prensión en su entorno no será inferior a 60 mm.
- No existirá en todo el recorrido del pasamanos ningún obstáculo ni soporte que pueda entorpecer el deslizamiento de las manos a lo largo de los pasamanos.
- La resistencia a la resbalabilidad para el suelo será clase 3.

Se debe de disponer de una iluminación mínima de 5 lux (a la altura del suelo) que se active en caso de emergencia para facilitar la evacuación del personal.

La iluminación interior de la cabina del conductor cumplirá la norma UNE EN 13272.

Se debe de disponer de señalización de salida de emergencia sobre las puertas de acceso directo a cabina desde el exterior.

La puerta de acceso al puesto de conducción (interior de caja pasaje y/o en el exterior del vehículo), dispondrán de accionamientos debidamente protegidos y poco visibles para el pasaje, pudiéndose integrar en el entorno del marco de la puerta o en la propia estructura del vehículo. Su accionamiento se podrá realizar independientemente del estado del tren, con o sin batería, para garantizar siempre la apertura y cierre. Se instalarán a altura adecuada, fácilmente accesibles tanto a nivel de vía, como a nivel de andén o piso del tren, con apertura y cierre individualizados del resto de puertas y bloqueables de forma tal que no suponga realizar movimientos por encima del hombro.

La puerta de acceso a cabina desde sala pasaje deberá de estar ubicada a la izquierda del tabique de cabina alineada con la puerta frontal de evacuación.

### **2.3.2 Elementos del puesto de conducción**

Entre los elementos a introducir en el puesto de conducción deberán figurar, lista no exhaustiva:

- Llave de gobierno con sistema de puesta en marcha del tren con identificador de motorista.
- Selector de marchas.
- Manipulador marcha - freno.
- Panel de conducción ATP-ATO, incluyendo el velocímetro
- Esfuercímetro.
- Manómetro de tubería principal y cilindros de freno.

- Pulsadores de selección, autorización de apertura, cierre de puertas y BIP – BIP de aviso de cierre de puertas.
- Botón rojo de emergencia.
- Pulsador de reconocimiento del tirador de alarma.
- Pulsador de reconocimiento de Tren-Stop deslocalizado
- Pulsador alumbrado cabina.
- Pulsador de faros.
- Panel de mando de la Megafonía y micrófono.
- Panel de mando de Radioteléfono, incluyendo selector de canales.
- Pulsador del freno de retención.
- Pulsadores CON y DES del freno estacionamiento.
- Pulsadores CON y DES del disyuntor.
- Pantalla de Monitorización.
- Panel de control de monitores de vídeo vigilancia.
- Piloto luminoso señalización PMR.
- Pulsador CON y DES de batería. El de desconexión de batería llevará una tapa de protección.
- Pulsador subir y bajar pantógrafo.
- El Adjudicatario podrá proponer la colocación de monitores dedicados para la función retrovisor y video vigilancia. Deberán someterse a la aprobación de FMB. (integrados en la pantalla del sistema informático).
- Elementos susceptibles de ser necesarios para la conducción automática y manual.
- Pulsador apertura general de puertas.

La colocación de los dedos en los pulsadores de selección y apertura de puertas será paralela al suelo. La posición de los dedos será neutra sin dobleces de dedos (falanges).

La fuerza a ejercer con los dedos sobre los botones se establece en 10 N (en ninguna circunstancia será superior a los 12 N).

Todos aquellos elementos que suministren información irán agrupados con el fin de evitar la dispersión, estando situados en lugares fácilmente visibles por el conductor pero deberán quedar ocultos al pasaje en el caso de conducción automática sin motorista.

Las señalizaciones luminosas serán a base de leds y se dispondrá de un pulsador de prueba de lámparas que al accionarlo iluminará todas las señalizaciones.

La intensidad del brillo de los pulsadores de señalización será regulable por los motoristas, hasta un mínimo que permita su visualización.

Los pulsadores de bypass (freno, puertas, hombre – muerto, etc.) deberán estar en lugar accesible al conductor (fuera del puesto de conducción) y precintados, de manera que para activar uno de estos pulsadores sea necesaria la rotura del respectivo precinto.

La guía del recorrido del manipulador estará protegida para impedir la intrusión de cualquier elemento que obstaculice su recorrido.

El dispositivo de Hombre muerto asociado al manipulador se accionará por:

- por presión del peso de la mano en la empuñadura del manipulador de marcha (sensitivo)
- por acción sobre un pedal situada bajo el pupitre y frente al asiento.

Dispondrá de sistema de aviso (indicador luminoso o acústica intermitente) en caso de soltar el pulsador o el pedal, inmediatamente se encenderá.

A los cinco segundos del inicio de la alarma acústica se desencadenará la secuencia de freno por apertura del lazo.

El funcionamiento del manipulador de tracción/freno será idéntico a los actuales montados en FMB (ver “2.7.5 Emisor de consigna de tracción”), aunque el Adjudicatario podrá proponer alternativas debidamente justificadas. El dispositivo de hombre muerto estará incluido en el manipulador marcha/freno. La solución final y su funcionamiento deberá ser aprobada por FMB.

El manipulador de tracción/freno opondrá una resistencia al desplazamiento suficiente para evitar su accionamiento involuntario. Tendrá dos posiciones:

- 1.- Conectado:** En la cual se toma el mando del tren, siempre que no exista llave de gobierno previamente conectada en el otro puesto de conducción. Por tanto, en el caso de que los dos puestos de conducción tengan la llave de gobierno conectada, mandará la primera que se conectó, y la segunda cogerá el mando si pasa por 0 y se vuelve a conectar después de que la primera sea desconectada.
- 2.- Cero:** Mantendrá los equipos auxiliares en servicio.

El selector de marchas tendrá cinco posiciones, que al ser seleccionadas permitirán el desplazamiento del tren:

- Atrás: Hacia atrás con una velocidad máxima de 10 km/h.
- Cero: No hay ninguna marcha seleccionada y freno de emergencia activado.
- Túnel: Hacia adelante con velocidad máxima de 4 km/h.
- Maniobra: Hacia adelante con una máxima de 10 km/h.



- Adelante: Hacia adelante, con corte de tracción a la velocidad de 80 km/h y la aplicación de freno de emergencia a 90 km/h.

La disposición de los elementos será sometida a la aprobación de FMB.

### 2.3.3 Asiento del conductor

El asiento del conductor deberá tener, al menos, las siguientes características:

- Capacidad de regulación en altura y distancia por el usuario.
- Capacidad de regulación en ángulo del apoyo lumbar.
- Suspensión.
- Respaldo ajustable por el usuario.
- Rotación horizontal del asiento (como mínimo +90° -90°) con enclavamiento en la posición de conducción.
- Cumplimiento con la norma EN45545 de protección contra el fuego.
- Reposacabezas con regulación en altura y ángulo por el usuario.
- Reposabrazos plegable y regulable en altura e inclinación.
- Tapicería del asiento muy resistente a la abrasión e incluso el maltrato, y fácilmente lavable y/o sustituible.

El puesto de conducción estará lo más centrado posible respecto del eje longitudinal del vehículo, permitiendo la máxima visibilidad posible teniendo en cuenta la ubicación de la puerta de evacuación frontal de cabina.

El asiento deberá permitir realizar todas las funciones normales de conducción en posición sentada en una postura correcta del motorista desde el punto de vista ergonómico y facilitar su ajuste a los maquinistas de diferentes alturas.

Cada módulo estará conformado en una sola pieza, incorporando tapas y respaldos fácilmente sustituibles sin necesidad de desmontar todo el bloque de asientos.

Se situará sobre una base sólida y a una altura y distancia del pupitre tales que cumplan las condiciones ergonómicas establecidas para la conducción y las dimensiones antropométricas facilitadas por FMB, respecto a la plantilla.

Bajo el pupitre, se garantizara el espacio libre necesario para albergar las piernas (altura población FMB entre 1.55 m y 2 m). Se instalará un reposapiés que pueda ser regulable en altura.

Debe ser posible abrir las puertas laterales, considerando cualquier posición del respaldo del asiento (entre 0° y 20° de inclinación respecto al eje vertical o de cualquier otro elemento fijo).

El asiento se podrá desplazar de forma sencilla, de manera tal que permite el paso de evacuación necesario por la rampa de la puerta de evacuación frontal cumpliendo con todos los requerimientos de accesibilidad.

Se dispondrá en cabina de un asiento auxiliar plegable en sentido de la marcha.

#### **2.3.4 Iluminación Puesto de conducción**

En la zona de puesto de conducción se deberá garantizar una correcta iluminación del puesto de conducción y de los armarios cuando se acceda a ellos. No se producirán sombras en el pupitre durante la conducción estando el motorista sentado. El interruptor de accionamiento se situará en el puesto de conducción y lucirá cuando lo haga el alumbrado del puesto de conducción.

La iluminación del puesto de conducción deber alcanzar los 200 luxes y ser regulable en intensidad.

La proporción de luminancia  $\left(\frac{L_{max.}}{L_{min.}}\right)$  para las pantallas visuales sobre el pupitre del conductor, el resto del pupitre del conductor y el entorno será 1: 3: 10 respectivamente.

Todas las señales luminosas deberán poder ser leídas correctamente ya sea con luz de cabina apagada, luz natural o con luz artificial secundaria.

La iluminación de la cabina y de los instrumentos del pupitre de conducción, serán independientes de la iluminación general y serán ajustables. Se dispondrá de un pulsador para el alumbrado de cabina y de un pulsado para los focos de techo de alumbrado de pupitre, si los hubiera.

Los pulsadores e indicadores luminosos que no sean ajustables y que estén iluminados continuamente deberán tener una luminancia de (0.1 + 0.1) lx. Si se permite un ajuste en el nivel de luminancia este deberá estar en un rango de 0.3 lx a 30 lx.

La iluminación será uniforme y de 50 lux a nivel de pupitre para evitar continuados ajustes de la pupila.

#### **2.3.5 Ergonomía del puesto de conducción**

El diseño del puesto de conducción, tanto para su forma como para la distribución de aparatos, pantallas y palancas de mando, se realizará con criterios ergonómicos, tomando como norma de referencia la U.I.C 651.

El diseño del puesto de conducción y sus componentes tendrá en cuenta las medidas antropométricas de la plantilla de FMB (altura entre 155 cm y 200 cm).

El puesto de conducción contemplará la inclusión de un asiento para el conductor, todo ello sin menoscabo de la zona de paso en caso de emergencia para el pasaje. La ubicación y funcionalidad de dicho asiento deberá de ser validado por FMB en fase de proyecto.

En caso de conducción automática, se dispondrán de los anclajes de fijación y las guías correspondientes para poder colocar un asiento en caso de ser necesaria una conducción manual. Dichos anclajes deberán de ser inaccesibles e imperceptibles para el pasaje.

Las dimensiones de la cabina serán conforme a la ficha U.I.C 651.

La altura de la cabina no debe ser inferior a 2000 mm en cualquier punto accesible.

La distancia entre el suelo de la cabina y el borde superior de la ventana del panel frontal no debe ser inferior a 1800 mm.

La separación entre los elementos materiales existentes en el puesto de trabajo será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor en condiciones de seguridad, salud y bienestar.

Estará equipada con sistema de iluminación de emergencia, alimentado a partir de la batería, preferiblemente con la unidad de alimentación incorporada.

Su disposición, planteada desde el punto de vista ergonómico, permitirá que éste pueda realizar su misión con eficacia, regularidad y seguridad (norma UNE-ENV-12299).

Se tendrán en cuenta todos aquellos factores que racionalicen y mejoren sus condiciones de trabajo, como son:

- Una buena visibilidad (conforme a la ficha U.I.C 651 OR anexo D), considerando la particularización de la ubicación de las señales luminosas en la red de Metro. La ubicación del asiento de conducción deberá permitir la visión de los espejos y pantallas retrovisoras que se encuentran en los andenes de L1 y L3 de la red de FMB.
- Buenas condiciones de ventilación y temperatura (se cumplirá lo establecido en la norma UNE EN 14813).
- Una manipulación sencilla de los órganos de conducción (según U.I.C 612 y U.I.C 651 OR anexo I).
- Un confort aceptable, con atenuación de ruidos y vibraciones, asiento, adecuado, etc. Deberá cumplir con lo especificado en los apartados “8.5 VIBRACIONES” y “8.6 RUIDO”.

El puesto de conducción no debe de presentar superficies afiladas o cortantes.

En los acabados de las superficies de la estructura la cabina no debe producirse reflejos no deseados (por ejemplo, superficies brillantes). El reflejo de la luz debe ser difuso y no concentrado.

La disposición del puesto de conducción vendrá determinada por un estudio ergonómico realizado por el Adjudicatario, conforme a la norma U.I.C 651, que tome en consideración cada movimiento del conductor, cada elemento indicador y los ángulos de visión indispensables para la conducción y la apertura y cierre de puertas en las estaciones.

El estudio se realizará teniendo en cuenta las medidas antropométricas, tanto mínimas como máximas, de los motoristas. Este estudio servirá asimismo para determinar los elementos que deban ir en el pupitre y su distribución. Dicho estudio deberá de ser entregado en fase de Oferta.

Las vibraciones a nivel de la conducción llegarán atenuados al conductor de tal forma, que el nivel máximo recibido no sea superior a:

VIBRACIONES MANO-BRAZO	VIBRACIONES DE CUERPO-ENTERO
Valor límite de exposición para 8 h 5 m/s <sup>2</sup> Valor de exposición que da lugar a una acción para 8 h 2,5 m/s <sup>2</sup>	Valor límite de exposición para 8 h 1,15 m/s <sup>2</sup> Valor de exposición que da lugar a una acción para 8 h 0,5 m/s <sup>2</sup>

El anclaje del pupitre de conducción será de tal manera que elimine las vibraciones.

En fase de Proyecto el Adjudicatario facilitará a FMB las mediciones, ensayos o pruebas relativos a la vibración mano-brazo y cuerpo entero, tanto en posición de pie como en posición de conducción sentada, antes de la puesta en servicio del tren. Los resultados de las mediciones deberán de ser validados por FMB.

### 2.3.6 Armarios de dotación

En la cabina se debe disponer de colgadores para la ropa, así como espacio libre para depositar artículos personales (mochila o bolsa).

Los armarios que contengan elementos para la conducción, para resolución de incidencias, o que se deban manipular en algún momento, estarán próximos al puesto de conducción y dotados del correspondiente cierre.

También existirá un armario destinado a guardar los accesorios de “evacuación de pasaje”, mascarillas, extintores, etc. Los equipos de emergencia se deben colocar de manera que el personal pueda comprobar visualmente su existencia, y deberá poderse comprobar que funcionan adecuadamente sin necesidad de sacarlos del espacio de almacenamiento.

Los trenes dispondrán de un cargador de radioteléfono de líneas convencionales y una linterna con cargador en cada uno de los extremos del tren.

Los conjuntos del armario del pupitre estarán perfectamente protegidos contra la entrada de polvo, para lo cual se instalarán las juntas correspondientes con una protección mínima IP-54, según norma UNE 20324.

### **2.3.7 Puerta frontal de evacuación**

La puerta de evacuación frontal estará formada por una puerta batiente de una sola hoja, la cual realizará una apertura desplazando la puerta hacia la parte superior y exterior de la unidad, al tiempo que despliega una escalera para permitir la evacuación de emergencia de los pasajeros a la vía.

El paso de las puertas frontal de evacuación de cabina de conducción al exterior, no será en ninguna circunstancia inferior a 0,625m de anchura libre, y estará en el lado izquierdo de cabina.

La apertura de la puerta será sencilla, de manera que cualquier pasajero pueda realizarla. El despliegue completo se realizará en menos de 30 segundos incluyendo la apertura de la puerta. El tiempo de plegado deberá ser menor a 5 minutos.

El dispositivo de accionamiento estará cubierto por una tapa precintada y extraíble.

El mecanismo será de accionamiento electro/mecánico con diagnóstico de estado y bloqueo eléctrico de apertura. El funcionamiento del mecanismo estará supervisado por el sistema informático y el sistema de conducción automático si lo hubiera, quedando liberado en caso de ausencia de tensión de batería.

El suelo de la escalera será de clase 3.

El Oferente deberá suministrar toda la documentación necesaria sobre la solución adoptada en este apartado.

Deberá justificarse experiencia anterior de este equipo en al menos 2 (DOS) operadores de características semejantes a FMB.

## 2.4 SISTEMA NEUMÁTICO (D)

La instalación neumática del vehículo se puede considerar bajo dos aspectos:

- 1.- Producción y almacenamiento de aire comprimido: compresor, acondicionamiento del aire, depósitos, instalación, regulación y protecciones.
- 2.- Consumo de aire comprimido: equipo de freno, suspensión secundaria, circuitos auxiliares, etc.

En cada coche se dispondrá de dos tomas adicionales para suministro de aire externo, de enlace rápido para manguera, una a cada lado de la caja. Dichas tomas serán completamente compatibles con las existentes actualmente en las instalaciones de FMB.

Los depósitos principales estarán en comunicación con la tubería principal, estableciéndose un equilibrio de presiones a lo largo del tren.

El sistema neumático será de “tubería única”, de la cual, saldrán las ramificaciones para los diversos circuitos. Cada circuito quedará protegido por su correspondiente válvula de retención y grifo de aislamiento.

La mayor parte de los aparatos vendrán montados sobre un panel cerrado, el cual no presentará al exterior del coche ninguna tubería. El resto de aparatos estarán lo más cerca posible del órgano sobre el que actúa.

Todos los elementos serán de fácil reposición, quedando sujetos al panel por tornillos y juntas tóricas, sin necesidad de roscar ningún tubo.

En el caso de una composición múltiple por acoplamiento, las tuberías únicas (TDP) quedarán conectadas entre sí, de forma que equilibren las presiones en todas las unidades.

### 2.4.1 Grupo moto-compresor

Se montarán dos grupos moto-compresores por tren, para producir el aire comprimido necesario, uno en cada coche extremo (MA1 y MA2).

Los grupos moto-compresor encargados del suministro del aire comprimido, tendrán un funcionamiento alternativo haciendo que el tiempo total de funcionamiento sea el mismo.

El compresor será libre aceite.

La presión de trabajo estará comprendida entre 8,5 y 11 kg/cm<sup>2</sup>, regulable.

Podrá funcionar en régimen continuo durante 24h, sin detrimento de sus características, con una contrapresión de 11 kg/cm<sup>2</sup>. El cumplimiento de este requisito se demostrará mediante el correspondiente ensayo en banco, en fase de proyecto.

La bancada de sujeción del grupo será de forma que el conjunto motor-compresor sea fácil de cambiar (tiempo de la operación de 15 a 20 minutos) debiendo, en consecuencia, preverse conexiones eléctricas y neumáticas, robustas y sencillas de montar y desmontar.

El equipo de producción de aire no deberá de transmitir ningún tipo de vibración a la caja de pasaje, para ellos se preverán los elementos necesarios para eliminar dicha vibración.

En condiciones normales de presión y temperatura se garantizará que el tiempo relativo de funcionamiento del grupo durante el servicio, estará comprendido entre el 30 y 60% del tiempo.

Estando todo el equipo a la presión atmosférica, la presión nominal se alcanzará en un máximo de 12 minutos.

En caso de fallar un grupo de producción de aire, el otro será capaz de mantener el servicio normal del tren completo, aumentando proporcionalmente el tiempo relativo de funcionamiento.

Se dispondrá de un contador de horas de funcionamiento y se podrá consultar los datos en la pantalla de conducción. Esta información deberá ser accesible desde las pantallas del puesto de conducción y publicada en el sistema informático embarcado y ser enviada al CCM a través del canal de comunicación que se defina en fase de proyecto.

El compresor estará equipado con un sistema de detección de avería que transmitirá la información al sistema informático que impedirá la puesta en marcha en caso de anomalía. Dicho sistema deberá detectar como mínimo parámetros como sobretensión, sobrecorriente, tiempo de carga,...

Estos moto-compresores se someterán a los ensayos tipo y serie de la norma IEC 349 (Rules for rotating electrical machines for railroad vehicles).

Se protegerá la línea y el moto-compresor con un magnetotérmico y un interruptor diferencial con señalización y posibilidad de rearme manual desde el puesto de conducción, o remota desde el CCM, mediante orden lanzada por el operador, a través del canal de comunicaciones tren-tierra que se determine durante el proyecto. Se deberá retornar hacia el CCM el resultado de la orden, y si no ha sido posible la reconexión se deberá informar de la causa.

El mando de los compresores será concebido para funcionar de forma autónoma cuando esté fuera de servicio el sistema informático o el equipo de mando neumático para garantizar la producción de aire.

El sistema informático del tren intervendrá sobre el arranque y paro de los compresores de forma que priorice:

- En el inicio de la carga del tren, deben funcionar los 2 compresores para minimizar el tiempo y alcanzar la presión de trabajo.
- Con tren cargado, habrá un primer umbral de presión mínima que determinará el arranque de uno de los compresores. El sistema informático establecerá unos rangos de tiempo para que los períodos de trabajo de ambos compresores sean homogéneos.
- Habrá un segundo umbral de presión a partir del cual arrancarán los 2 compresores.

La producción de aire se garantizará ante algún fallo de los transductores o ante el aislamiento neumático de algún coche.

Se debe garantizar el funcionamiento de los compresores, aunque exista avería en los canales de comunicaciones o en los procesadores, debiéndose contemplar este extremo en el diseño de los modos degradados del sistema de monitorización y control; así como del equipo de mando neumático.

El mando de ambos compresores principales se realizará de forma eficaz y segura utilizando técnicas fail safe. Una sola avería o incidencia en el sistema de control no podrá comprometer el suministro de aire comprimido al tren.

El Adjudicatario deberá justificar y garantizar el régimen de trabajo más adecuado para ambos compresores y en base a ello diseñar un sistema totalmente redundado (tanto a nivel software como hardware) de suministro de aire. Cualquier pérdida de elemento o funcionalidad redundada deberá poder ser indicada en puesto de conducción o en CCM aunque no implique afectación observable.

El diseño global de mando del sistema que suministre el aire comprimido al tren; se realizará prestando especial atención a los modos degradados de funcionamiento del mismo y optimizando al máximo movilidad segura del tren ante fallos del sistema de mando. El Adjudicatario deberá exponer y justificar la solución global adoptada, con posterioridad se someterá a la aprobación de FMB.

El Adjudicatario deberá implementar un sistema de emergencia que permita la conexión de los dos compresores principales del tren, cuando esta conexión no sea posible efectuarla mediante el sistema informático de monitorización y control, por mal funcionamiento de éste o cualquier otro fallo, tanto de control como de comunicaciones, de las que dependan los compresores. Se deberán proporcionar en la oferta los diferentes rangos de trabajo, tanto en modo nominal, como en los diferentes estados degradados.

El mando gobernará el funcionamiento de los compresores principales para que la presión de aire en la tubería general se mantenga en todo momento dentro de valores adecuados para el correcto funcionamiento del equipo neumático.

Cada motor compresor deberá poseer protección térmica y contra sobrecargas, de modo que el estado de dichas protecciones sea conocido por la lógica de mando de los compresores, pudiendo ser enviado



al sistema informático y al CCM, para decidir la desconexión temporal o permanente del compresor, si ello fuese necesario.

El suministrador del compresor neumático deberá monitorizar todos y cada uno de los parámetros relevantes para supervisar su correcto funcionamiento por la lógica de mando de los compresores, con objeto de ordenar su desconexión, si fuese necesario, antes de que pueda sufrir daño. Esta información deberá quedar disponible en las pantallas del puesto de conducción, o desde el CCM.

Se deberá garantizar el suministro de aire comprimido en el tren por lo que la lógica de mando de los compresores principales deberá tener en cuenta el estado de los dos compresores del tren y de los convertidores estáticos de ambas unidades que generan la alimentación alterna para dichos compresores. La lógica de mando podrá reconfigurar las interconexiones eléctricas entre convertidores y compresores para garantizar el suministro de aire en el tren, siempre que exista un convertidor estático y un compresor operativo.

En condiciones normales de servicio, funcionará el compresor opuesto a la cabina de conducción activa.

#### **2.4.2 Depósitos**

El Adjudicatario instalará los depósitos necesarios para abastecer a toda la instalación neumática de la unidad con la presión mínima nominal del compresor, de forma que puedan efectuarse, como mínimo, tres frenados consecutivos máximos en estado de carga máxima (AW3), con parada completa de la unidad en el caso de no funcionar ningún compresor.

Todos los depósitos llevarán en una zona visible y convenientemente adosada la correspondiente indicación de su marcado CE por un organismo de control autorizado (O.C.A.). Además incorporarán aislamientos y todo aquello necesario para realizar las verificaciones periódicas de los mismos sin necesidad de desmontaje.

Dispondrán de un regulador de presión de forma que ésta se mantenga entre 8,5 y 10 Kg/cm<sup>2</sup>, en los depósitos principales.

Existirán depósitos auxiliares para cada uno de los sistemas del tren: equipo de freno, suspensión neumática, etc.

Todos los depósitos principales dispondrán de un grifo para su purga.

Los depósitos serán de aluminio y deberán cumplir la normativa UNE-EN 286-4 para calderines de aluminio, la Directiva de recipientes a presión, así como cualquier otra normativa vigente en cuanto a recipientes a presión que les sea aplicable. De obligado cumplimiento para el material rodante ferroviario por la nota de aplicación: REP Guía 01\_02\_v3 reglamentación específica guía 6 del 22/5/2012 del Real Decreto 2060/2008 del 12 de diciembre relativo a equipos a presión.

Los recipientes serán de forma geométrica simple, estarán compuestos de un cuerpo cilíndrico de sección transversal circular (virola) y de dos fondos abombados toriesféricos que tendrán su convexidad hacia el exterior (tapas o fondos).

Los depósitos se podrán utilizar durante toda la vida útil del vehículo al que están incorporados, hasta un máximo de 40 años. No obstante, en circunstancias especiales (cuando se esté sustituyendo o renovando una serie de vehículos) puede prolongarse la duración en servicio bajo una supervisión específica.

Las revisiones que según normativa deba de hacerse a los depósitos se deberán de poder hacer sin necesidad de desmontarlos del tren.

#### **2.4.3 Acondicionamiento del aire**

A la salida del grupo moto-compresor se instalará un secador de doble columna. Se añadirá a este sistema una purga adecuada cuyos vertidos no incidirán sobre los carriles y cuyo funcionamiento podrá estar asociado, o no, al propio funcionamiento del compresor.

Los secadores llevarán un sistema que permita revisar el estado del agente absorbente visualmente sin tener que desmontarlo.

A la salida del secador se alcanzará un punto de rocío suficiente para no producir condensados en la instalación, a la temperatura inferior especificada en el pliego.

El Adjudicatario especificará según ISO 8573 el nivel máximo de contaminantes en el aire comprimido, en lo referido a la cantidad de humedad, partículas y residual de del aire producido, y justificarán que ésta es adecuada para las condiciones de temperatura y humedad de Barcelona.

#### **2.4.4 Instalación**

Todos aquellos elementos que sean posibles, deberán ir montados en el panel neumático reduciendo, por tanto, la longitud de tubería. En aquellos lugares en que sea preciso usar tuberías flexibles, serán de material resistente al agua, aceites y grasas y se colocarán de manera que no tengan roces entre sí, ni con ningún elemento del coche.

Los principales módulos y elementos neumáticos deben contar con llaves de aislamiento de fácil acceso, para que no sea necesario vaciar la instalación completa para llevar a cabo su sustitución.

La unión de los aparatos o de las tuberías se realizará con ayuda de racores. El Adjudicatario deberá indicar el tipo de racores que se proponen utilizar, los cuales deberán ser explícitamente aceptados por FMB, durante la fase de Proyecto. El sistema propuesto debe asegurar la máxima fiabilidad de la unión.

Las tuberías serán de acero inoxidable sin soldadura. Se deberá evitar la producción de óxidos y degradaciones interiores de las tuberías que dificulten el correcto funcionamiento del Sistema neumático y del Equipo de freno.

El número de fijaciones será suficiente para la correcta fijación y evitar vibración de las tuberías y posibles desconexiones intempestivas de algún racor.

Los radios de curvatura de los tubos utilizados serán los adecuados para que no se produzcan disminuciones en la sección de los mismos.

Las conexiones neumáticas mediante manguera flexible serán las mínimas posibles y la conexión neumática caja-bogie se efectuará mediante dos conectores neumáticos múltiples de fácil desmontaje para su desacople.

Las tuberías de bogie terminarán en una mitad de este conector que estará fijada al bogie y la otra mitad se colocará en el extremo de las mangas flexibles que proceden del equipo de caja.

Las mangas flexibles serán de material resistente al envejecimiento y a las condiciones de trabajo y dimensionadas para su presión de trabajo. Su longitud será la que permita desplazamientos relativos caja- bogie de modo que no queden forzadas o estranguladas en su paso.

Las derivaciones de las tuberías se harán de manera que eviten el paso de agua procedente de la condensación.

Las manetas de las llaves de aislamiento deben permanecer verticales en la posición "normal de trabajo". Tendrán una muesca que indique la dirección del paso de aire.

#### **2.4.5 Regulación y protecciones**

Los coches que lleven el grupo compresor contarán con los transductores y presostatos necesarios para cumplir con los requisitos en relación a la conexión y desconexión del grupo moto-compresor.

Para proteger la instalación neumática del exceso de presión originado por averías en los dispositivos de regulación, se dispondrá de una válvula de seguridad que, situada detrás del depósito principal, impida la superación de una determinada presión. Su actuación quedará ajustada entre el 10 y el 12% sobre la presión máxima de servicio y se suministrará convenientemente precintada y con chapa indicadora de su presión de ajuste.

#### **2.4.6 Suspensión neumática**

La alimentación se efectuará de la tubería principal, a través de una electroválvula de condena monitorizando su estado.

La diferencia de presión entre balonas del mismo bogie será compensada por una válvula de rebose.

Se deberá disponer de un sistema por medio del cual se pueda eliminar el aire de la suspensión, asentándose la misma sobre sus topes.

En los bogies existirán los dispositivos necesarios que detecten las variaciones de presión en la suspensión debido a la carga. Esta información se enviará al equipo de control y unidad de freno neumático, con objeto de mantener constantes las aceleraciones y deceleraciones, así como, la diferencia de presión entre bogies de un mismo coche. Las válvulas y los dispositivos de carga quedarán incorporados en el bogie.

#### **2.4.7 Circuitos auxiliares**

Existirá un silbato bajo bastidor de cada testera extrema.

El silbato del tren será accionado electroneumáticamente a través de un pulsador situado en el pupitre de conducción. El silbato deberá poder ser accionado de forma remota.

La intensidad y frecuencias de los avisadores acústicos serán conforme a la EN 15153-2. La intensidad y frecuencia final será definida junto con FMB en fase de proyecto.

Cuando se accione el pulsador, sonará únicamente el silbato situado bajo el puesto de conducción activo.

## 2.5 PUERTAS (E)

Las puertas laterales serán del tipo de doble movimiento deslizante encajable de forma que en posición cerrada quedan alineadas con los costados del coche, y en posición abierta quedan superpuestas a los mismos.

El número de puertas en cada uno de los laterales del coche será de cuatro, cada una de ellas con dos hojas y sin montante intermedio.

La distancia entre ejes de puertas será de 4.197mm. Se mantendrá la equidistancia entre ellas a lo largo de toda la composición.

Las dimensiones mínimas del hueco útil de puerta que se ofrecerá para el paso de viajeros, con puertas totalmente abiertas, será de mínimo 1.900 mm de altura por 1.300 mm de anchura, exceptuando las puertas extremas de la composición que cumplirán con lo indicado en el apartado “1.8.2 Puertas accesibles”.

El accionamiento se efectuará mediante un motor eléctrico para las dos hojas, por lo que estarán conjugadas de forma que realicen simultáneamente las maniobras de apertura y cierre, mediante los adecuados elementos mecánicos de transmisión del movimiento. El movimiento estará exento de brusquedades y ruidos. Tanto la maniobra de apertura como de cierre estarán exentas de brusquedades, ruidos y estarán amortiguados en el final de su movimiento.

Las puertas estarán dotadas de un sistema de seguridad el cual detectará los obstáculos que la puerta pueda hallar en su camino de cierre, provocando la siguiente secuencia de forma indefinida:

- Paralización de la maniobra de cierre.
- Reapertura regulable entre 100 y 150 mm por hoja.
- Espera de un tiempo a determinar en el desarrollo del proyecto, durante el cual el motor no ejerce par alguno.
- Cierre automático hasta conseguir el bloqueo.
- El sistema cumplirá en lo referente a detección de obstáculos con las normas EN 14752 en su última versión.
- El número de reaperturas en la secuencia será ajustable durante la fase de proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto, FMB deberá aprobar las funcionalidades del sistema, pudiendo añadir nuevas funciones.

Los tiempos de actuación máximos para una maniobra completa de abrir y cerrar, serán máximo de 6 segundos.

Todas las puertas de la unidad dispondrán de un sistema de desbloqueo que permita su accionamiento en situaciones de emergencia. Si el sistema de desbloqueo precisa de sirgas para su accionamiento, deberán ser de baja fricción. El esfuerzo para la apertura manual de las puertas desbloqueadas, será el indicado en la norma EN 14752.

El sistema de desbloqueo de puerta se señalará mediante una señal foto luminiscente indicando la información necesaria para el desbloqueo de la puerta.

Deberá asegurarse que la apertura pueda producirse, aunque sea manualmente, frente a cualquier avería o accidente, con la condición de que para su desbloqueo el tren esté completamente parado, siendo rearmable desde el puesto de conducción, desde el CCM o localmente desde la propia puerta.

En caso de que sea preciso anular una puerta, esta deberá ser bloqueada mecánica y eléctricamente, impidiendo así su apertura. Esta anulación se podrá realizar de forma remota desde cabina y CCM.

El sistema de apertura interno y externo de las puertas se realizará mediante pulsador, montado sobre el marco de la puerta, el cual dispondrá de sistemas de iluminación que indiquen la autorización de apertura. Dicho pulsador deberá de cumplir los requerimientos de accesibilidad descritos en el apartado “1.8.1 Puertas acceso pasaje” de este pliego de condiciones.

Se dotará a todas las puertas de un sistema de apertura de emergencia exterior que cumplirá con lo establecido en la norma EN 14752, accionable desde el exterior tanto desde nivel de vía como desde nivel de andén. Dicho sistema será mecánico/eléctrico y estará dentro de lazo de puertas. El sistema de apertura de emergencia dispondrá de un led indicador de posición, alimentado a batería, para facilitar la localización de su posición en casos de poca visibilidad. Dicho sistema de apertura será validado por FMB en fase de proyecto.

El sistema permitirá la apertura de todas las puertas de un lado, desde el puesto de conducción

El mecanismo de apertura de puertas estará protegido contra el vandalismo, tanto en mecanismos, finales de carrera, guías, cremalleras, etc.

Existirá un sistema de estanqueidad en todo el perímetro del hueco y en el contacto de las dos hojas, que impida la entrada de agua y suciedad, incluso durante las operaciones de lavado a presión, del exterior de la caja.

Las juntas de goma serán fácilmente sustituibles y poseerán la elasticidad suficiente para no dañar en las maniobras de apertura y cierre a los viajeros.

Se instalarán estribos laterales fijos que tendrán por objeto facilitar el acceso/descenso en las estaciones. Irán fijados a los laterales de las puertas de forma tal que puedan desmontarse. Los estribos deberán cumplir los requerimientos de accesibilidad descritos en el apartado “1.8 ACCESIBILIDAD UNIVERSAL”. Serán con extremos redondeados, evitando aristas y o elementos cortantes. El diseño del estribo evitará impactos cortantes y atrapamientos.

La superficie interior y exterior de las puertas será lisa sin discontinuidades, excepto en la zona de la luna de la ventana, y entre ambas, se dispondrá aparte de los elementos estructurales necesarios con el aislamiento adecuado.

Los estribos laterales deben proporcionar una completa accesibilidad, minimizando el umbral de distancia entre el tren y el andén. Los estribos han de cumplir la norma EN 14752.

El conjunto de la puerta estará diseñado para resistir y operar con los esfuerzos generados durante la operación del tren (carga, aceleración transversal, sobrepresión túnel, etc.).

Todo el conjunto de mecanismo estará montado en una estructura resistente y autoportante la cual se fijará a caja, y permitirá que el montaje y posteriores sustituciones puedan efectuarse sin ajuste alguno.

En el interior del coche y a la altura de los mecanismos de puertas se instalarán trampillas de registro para permitir inspeccionar, reparar y mantener todos los mecanismos con absoluta facilidad. La apertura y cierre de las trampillas deberá poderse efectuar en un mínimo de tiempo; los cierres de las mismas deberán ser robustos; inaccesibles al viajero, y en posición de montados, deberán asegurar la sujeción de la trampilla a su marco, en forma tal que no se afloje con los movimientos del tren, e impidan la vibración de las trampillas.

Dispondrán de detectores de final de carrera de puerta cerrada y enclavada que actuarán sobre el lazo de seguridad de puertas. Emitirán la señal de puerta cerrada, cuando el sistema de enclavamiento mecánico de seguridad actúe, al objeto de tener la plena seguridad de que la puerta ha quedado cerrada.

En posición cerrada todas las puertas estarán enclavadas mediante un sistema de bloqueo mecánico, el cual se liberará:

- Cuando se den las condiciones establecidas en el proyecto para el proceso de apertura.
- Al accionar el dispositivo de salida de emergencia con el tren completamente parado.
- Al accionar el dispositivo de apertura de emergencia (desde el exterior) bajo cualquier circunstancia.

Se podrá realizar el ajuste y nivelado de las hojas sin la necesidad de desmontarlas del coche.

La ubicación y montaje de las tarjetas de control será de fácil acceso para su rápida sustitución (inferior a tres minutos). Sin conectores aéreos, sino que éstos serán de tipo fijo sustentados a chasis (tipo rack).

El tren estará dotado de un circuito de seguridad de puertas que reconocerá que todas las puertas están correctamente cerradas y enclavadas.

El circuito de seguridad de puertas, Velocidad 0 Km/h, selección de lado de puertas, autorización de apertura y cierre deberá ser implantado mediante líneas hardware cableadas, empleando técnicas fail-safe. En ningún caso el fallo del hardware o software podrá generar situaciones que comprometan la seguridad en la gestión de la apertura y cierre de puertas. Se podrán implementar funciones redundantes de confirmación a través del software del sistema informático embarcado, pero no se aceptará que éstas sustituyan a la línea hardware.

En el software del sistema informático del tren se implementará el reconocimiento individual del estado de apertura o cierre individual de cada puerta del tren, así como cualquier otro estado en que se halle la puerta.

El sistema informático embarcado informará en todo momento cuando se abre el lazo de puertas, determinando la puerta. Esta información podrá ser consultada por medio de la pantalla de monitorización de los puestos de conducción, y se podrá enviar hacia el CCM, a través del canal de comunicaciones tren-tierra que en su momento se determine.

Las puertas incorporaran la función de seguridad “antidrag” según norma EN 14752. El sistema deberá permitir evolucionar su funcionalidad de manera que solo actúe cuando el atrapamiento se produzca a una persona situada en el exterior del tren y no cuando la persona esté situada en la parte interior del tren.

La secuencia de acciones a efectuar por el mando de la puerta cuando detecte un obstáculo, será definida durante la fase de proyecto.

Siempre que en un coche haya una puerta abierta:

- Se cortará la tracción en todo el tren. Esta condición podrá ser modificada a requerimiento de FMB, si las especificaciones de operación en líneas automáticas así lo precisan. El Adjudicatario supervisará la validez técnica y seguridad de la nueva funcionalidad.
- Siempre que se detecta puerta abierta con velocidad deberá haber orden de cierre.
- Se indicará el coche donde se encuentra la puerta abierta, activando la iluminación del piloto blanco lateral, situado en el exterior del coche y correspondiente coche y lado donde está la puerta abierta.
- A través del sistema de monitorización se podrá localizar la puerta abierta, con indicación del estado individual de ambas hojas.



Se podrá enviar esta información hacia el CCM a través del canal de comunicación tren-tierra que en su momento se considere más conveniente.

Al activar la palanca de desbloqueo de puertas, cuando el tren esté detenido, el pulsador de puertas se iluminará de forma que al ser accionado, la puerta se abrirá, y también será posible forzar la apertura manualmente sin que el motor de puerta ejerza esfuerzo de cierre. No será posible abrir una puerta, si la palanca asociada es accionada con el tren en movimiento.

El rearme de las palancas comportará el cierre de la puerta, y se efectuará:

- En líneas con conducción automática y cuando las comunicaciones tren-tierra estén plenamente operativas se deberá prever la existencia de un telemando para la reposición de las palancas accionadas.
- Con conductor desde el puesto de conducción.
- Con llave de cuadradillo desde la propia puerta.

Al accionar una palanca de desbloqueo se deberá informar al puesto de conducción identificando la puerta. Para líneas automáticas, esta información deberá llegar al CCM.

Las puertas estarán dotadas de condena mecánica, al ser activada se señalizará en la propia puerta una indicación de 'puerta fuera de servicio' (a definir en la fase de proyecto). Se informará al puesto de conducción identificando la puerta. Para líneas automáticas, esta información deberá llegar al CCM.

Las puertas no podrán abrirse ni desbloquearse desde el interior del tren, ni aun forzándolas mediante el accionamiento del desbloqueo de puertas, cuando la velocidad sea diferente a 0 km/h. Las puertas del tren deberán de poder abrirse desde el exterior bajo cualquier circunstancia.

Se establecerá un criterio de seguridad fail-safe de forma que ningún tipo de avería mecánica, eléctrica o de software pueda provocar que las puertas se abran de forma intempestiva.

La señal acústica de cierre de puertas deberá estar acompañada, tanto interior como exteriormente, mediante una señalización visual.

Todos los coches dispondrán de dos indicadores luminosos (uno por lado) en el exterior de caja y situados aproximadamente a 2 m de la altura del piso. Dicho indicador se encenderá intermitentemente cuando se lance el aviso acústico del cierre de puertas y se mantendrá iluminado fijo durante el cierre de las mismas. Una vez cerradas todas las puertas de ese coche, el piloto deberá apagarse. El piloto deberá ser visible desde cualquier punto del andén. Dicho piloto será antivandálico. El color de dicho indicador será definido en fase de proyecto.

Así mismo, las hojas de la puerta dispondrán de iluminación tipo led que marquen la apertura y el cierre. El color de dicha iluminación led será configurable dentro del modelo de color RGB. La funcionalidad será configurable y se definirá junto con FMB en fase de proyecto.

### 2.5.1 Mando de puertas de pasaje

El mecanismo de puertas de pasaje será del tipo eléctrico alimentado por la batería. Estará controlado por una tarjeta electrónica de mando individual para cada puerta.

Las electrónicas de mando dispondrán de funciones implementadas de autotest, tanto de su estado de funcionamiento, como del estado operativo general de la puerta (en servicio o fuera de servicio).

Cada tarjeta de puerta dispondrá de un contador interno del número de maniobra. Dicho dato será publicado en el sistema informático de tren y será accesible.

Los fallos y eventos de las maniobras de puertas deberán ser registradas en la propia tarjeta de puerta acompañados de fecha y hora de su aparición.

Se deberán poder extraer desde la propia tarjeta (conexión USB o Ethernet) y desde el puesto de conducción a través del conector del sistema informático o del sistema tren-tierra que se defina hacia el CCM, en un formato que permita su análisis y tratamiento en hojas de cálculo, bases de datos, etc.

En caso de aparición de alguna incidencia en una tarjeta de mando o en la puerta asociada, se deberá transmitir al sistema informático embarcado, con indicación de la puerta afectada e información del tipo de fallo. El estado de las puertas del tren se podrá consultar a través de la pantalla de monitorización de los puestos de conducción.

Las maniobras de autorización de apertura y cierre de las puertas se podrán efectuar únicamente desde el puesto de conducción con mando del tren.

Los pulsadores de autorización de apertura estarán doblados y será necesario accionarlos simultáneamente para que la orden sea efectiva.

Antes de accionar el pulsador de cierre de puertas, será obligatorio por diseño pulsar el aviso acústico de cierre (BIP-BIP). Este sonará durante un tiempo a definir durante el proyecto, y será configurable por personal de mantenimiento (pudiendo llegar a ser 0 segundos). El aviso acústico se emitirá tanto en el interior como en el exterior del tren.

Si después de activar el BIP-BIP y transcurrido un tiempo a determinar y configurable, no se ha dado la orden de cierre, será necesario volver a actuar sobre el pulsador BIP-BIP. Durante este tiempo, el pulsador de cierre correspondiente al lado de apertura, se iluminará parpadeando.

Al accionar el cierre se apagarán las flechas de indicación del lado de apertura.

Se implementará un dispositivo que al ser accionado permita al conductor ordenar la apertura de todas las puertas del lado seleccionado del tren, sin necesidad de que el pasaje accione el elemento que activa la apertura de cada puerta.

Cualquier accionamiento de un dispositivo que intervenga en la apertura-cierre de puertas, será registrado por la Caja Negra del tren.

## 2.6 EQUIPO DE FRENO NEUMÁTICO (F)

Tanto el mando como el equipo de freno seguirá el criterio fail-safe.

El Ofertante aplicará los supuestos para los estados de carga “Vacío”, “Carga nominal” y “Carga máxima” en operación, de acuerdo con EN 13452.

Estará preparado para sustituir total o parcialmente, de forma automática, el freno eléctrico, en el supuesto de avería del mismo y de manera que se mantengan los mismos valores de deceleración.

La presión de los cilindros de freno variará automáticamente con la carga del vehículo.

La maniobra de frenado o desfrenado será rápida y simultánea en todo el tren. La oferta deberá especificar claramente los tiempos de respuesta equivalente con freno de servicio y con freno de emergencia, calculados según indica la EN 13452-1. Los valores deben respetar los requisitos aplicables de la EN 13452-1 en función del tipo de material rodante.

Los principales aparatos deberán poder retirarse sin necesidad de tener que vaciar la instalación de aire, para lo cual se colocarán grifos que los aíslen del resto del circuito.

Los presostatos serán regulables y no deberán requerir ajuste de tarado alguno, una vez efectuada la primera regulación. Tendrán estanqueidad interna y externa IP-65. El presostato de mínima será de doble contacto en paralelo y de seguridad.

El Ofertante presentará una memoria descriptiva y los esquemas para explicar las características y el funcionamiento del equipo de freno.

El equipo de freno de neumático deberá cumplir con los requisitos aplicables, en función del tipo de material rodante, de la norma EN 13452-1. Los ensayos para la validación del sistema de freno se realizarán conforme a la EN 13452-2.

Se dispondrá de un sistema que permita desalojar el aire de los cilindros de freno en los casos que por avería no pudiese efectuarlo la unidad de freno. Se podrá anular el paso de aire entre coches. Las llaves serán accesibles sin necesidad de tener que bajar a la vía. La actuación sobre ellas será monitorizada.

La situación de condena del freno quedará señalizada en la informática embarcada y por tanto en el puesto de conducción y el CCM.

### 2.6.1 Equipo de control del freno neumático

Con objeto de garantizar la disponibilidad del freno neumático del coche, el equipo de control de dicho freno dispondrá de las informaciones que sean necesarias para conocer el estado de los distintos elementos del equipo neumático, así como de las medidas de presión del circuito neumático que también sean necesarias.

El frenado eléctrico será prioritario hasta la mínima velocidad posible, proporcionando la totalidad del esfuerzo necesario para lograr las prestaciones requeridas para el freno de servicio. El freno neumático se concibe como un complemento del mismo, que se aplicará a bajas velocidades, o en caso de fallo del frenado eléctrico.

El freno neumático se aplicará a la menor velocidad posible. En la oferta se entregará un estudio donde demuestre la velocidad a la que inicia la aplicación del freno neumático en condiciones normales de operación. En cualquier caso, el freno neumático no deberá de aplicarse velocidades superiores a 5 km/h.

El blending entre el freno eléctrico y el freno neumático se debe efectuar de forma que a lo largo de una frenada desde máxima velocidad, no se generen oscilaciones en la deceleración del tren superiores a  $\pm 0,10 \text{ m/s}^2$ . El blending necesario será el mínimo, entre freno eléctrico y neumático, que asegure siempre una deceleración uniforme idéntica a la demandada desde el manipulador o por el ATO para todas las condiciones de carga. Deberá definirse durante el desarrollo del proyecto la transición entre freno puramente eléctrico y freno neumático a bajas velocidades.

En caso de fallo del freno de servicio de un coche, el sistema debe ser capaz de distribuir el esfuerzo de frenado entre el resto de la composición, sin afectar al servicio y respetando los niveles de seguridad.

En caso de ausencia de freno eléctrico, el freno neumático estará dimensionado para dar de forma indefinida, las prestaciones dinámicas de frenado de tren (en carga máxima y sin ninguna limitación de velocidad por esta razón). En dichas condiciones, el equipo de freno de fricción no debe sufrir ningún daño o degradación. En fase de pruebas, se verificará el cumplimiento del requisito mediante un ensayo específico, instrumentando discos de freno para evaluar las temperaturas alcanzadas.

El diseño del equipo de control de freno neumático, así como su interconexión con los elementos encargados de garantizar el freno del tren, se efectuará con criterio fail-safe de modo que en ningún caso se debe comprometer la seguridad del vehículo.

El equipo de control de freno neumático deberá ordenar la apertura del lazo de emergencia, cuando detecte que existe una situación que pueda afectar a la seguridad del vehículo.

La existencia de fallo en el equipo de freno neumático de cualquier coche o bogie implicará la apertura del lazo de emergencia, por lo que deberá ser posible la anulación del freno en el coche y/o del bogie afectado, sin necesidad de tener que anular el lazo de emergencia de todo el tren. Dicha solución deberá de ser validada por FMB.

El equipo de control de freno neumático estará conectado al bus del sistema informático para intercambiar las informaciones y órdenes de mando, a tal efecto, el Adjudicatario justificará la necesidad de implementar líneas hardware, para transmitir aquellas órdenes que considere que deban ser externas al bus del sistema informático.

El software de equipo de control de freno neumático debe ser desarrollado, depurado y validado mediante procedimientos que garanticen la seguridad de funcionamiento con autodetección de defectos y errores.

La concepción de diseño del sistema de mando de freno neumático garantizará la redundancia real, de modo que el fallo de cualquier elemento debe ser transparente para el funcionamiento del sistema y deberá ir acompañado de la correspondiente señalización local en puesto de conducción y de forma remota al CCM.

Los equipos de control de freno neumático incorporará autodiagnóstico de fallos, averías y eventos para determinar su estado operacional:

- Operativo.
- Incidencia que no afecta al servicio.
- Modo degradado con reducción de prestaciones.
- Fuera de servicio.

El propio equipo diagnosticará el origen de la anomalía y la acotará de la forma más precisa posible. El resultado de los autodiagnósticos será transmitido al bus del sistema informático, pudiéndose visualizar en la pantalla de monitorización y ser transmitidos al CCM a requerimiento del operador del mismo. Se entenderá también como anomalía la pérdida de redundancia.

Mediante el menú de monitorización se consultará el estado de los equipos de tracción, mediante la visualización de los parámetros internos analógicos y digitales que informen de su funcionamiento. Para ello, el fabricante del equipo de control del freno neumático deberá adaptarse al protocolo de comunicaciones que vendrá establecido por el sistema de monitorización seleccionado. Basándose en este protocolo, en la fase de proyecto, el Adjudicatario someterá a la aprobación de FMB las características de la información mostrada a través de la monitorización.

Se dotará al equipo de control del freno neumático de un sistema de registro histórico de fallos y eventos, datados en tiempo real, que estarán acompañados del contexto asociado a cada tipo de evento o fallo.

Este contexto consistirá en el registro del valor de las señales analógicas y el estado de las señales digitales relevantes, asociadas a cada tipo de evento.

El Adjudicatario garantizará que el volcado del histórico de incidencias, o fallos del equipo de control del freno neumático, pueda efectuarse:

1. En modo local a un Ordenador Portátil a través del bus del sistema informático, y directamente del propio equipo de freno.
2. De forma remota hacia el CCM a través del canal de comunicaciones que en su momento se determine. A tal efecto se proporcionará el software necesario para poder interpretar dicho histórico, debiendo ser sometido a la aprobación de FMB el formato de presentación de éstos.

También se proporcionará un programa monitor que, a través de un Ordenador Portátil conectado al propio equipo de control del freno neumático, así como a la red Ethernet del tren, proporcione a tiempo real los parámetros de funcionamiento del equipo necesarios para su mantenimiento preventivo y correctivo.

### **2.6.2 Antibloqueo**

En todos los coches existirá un equipo de antibloqueo cuya función será corregir el deslizamiento de uno o más ejes del coche en freno, evitando la aparición de planos y minimizando los alargamientos de frenada en caso de condiciones de adherencia reducida.

Este sistema cumplirá con la norma EN 15595.

En los coches remolque existirá un equipo de antibloqueo cuya función será corregir el deslizamiento de uno o más ejes del coche en freno (evitando la aparición de planos).

Este equipo deberá actuar con la rapidez necesaria para garantizar que se recupera de forma inmediata la adherencia entre rueda y carril, en los ejes afectados por deslizamiento. La detección y control será por eje. Se deberá tener en cuenta que un bogie podrá no disponer de freno neumático, lo cual no deberá afectar a la función de antibloqueo.

El Adjudicatario deberá suministrar datos sobre tiempos de respuesta obtenidos en las condiciones más desfavorables (deslizamiento en freno simultáneo de los 4 ejes del coche). También deberá suministrar la información que defina la estrategia utilizada por el equipo para corregir el deslizamiento.

La función de antibloqueo del coche remolque estará operativa para toda la gama de velocidades a que circulará el tren, desde detección absoluta de velocidad 0 hasta la velocidad máxima. Debido a que es especialmente crítico el control del bloqueo, cuando la velocidad del coche se aproxima a 0 km/h, el Adjudicatario deberá aportar documentación justificativa de su funcionamiento en dicha situación.

El equipo antibloqueo estará conectado al bus del sistema informático para intercambiar los datos y órdenes de mando. Se utilizarán líneas hardware para el control e funciones de seguridad. Durante la fase de proyecto se indicarán cuales serán estas líneas.

El software de control del equipo antibloqueo debe ser desarrollado, depurado y validado mediante procedimientos que garanticen la seguridad de funcionamiento con autodetección de defectos y errores.

Los equipos antibloqueo deberán incorporar autodiagnóstico de fallos, averías y eventos para determinar su estado operacional:

- Operativo
- Incidencia que no afecta al servicio
- Modo degradado con reducción de prestaciones
- Fuera de servicio

El propio equipo debe poder diagnosticar el origen de la anomalía o acotarlo de la forma más precisa posible. El resultado de los autodiagnósticos será transmitido al bus del sistema informático, pudiéndose visualizar en la pantalla de monitorización y ser transmitidos al CCM a requerimiento del operador del mismo.

Se deberá de poder consultar, desde la cabina de conducción, el estado del equipo antibloqueo mediante la visualización de los parámetros internos analógicos y digitales que informen de su funcionamiento. Para ello, el fabricante del equipo antibloqueo deberá adaptarse al protocolo de comunicaciones que vendrá establecido por el sistema de monitorización seleccionado. El Adjudicatario someterá a la aprobación de FMB las características de la información mostrada a través de la monitorización.

Se dotará al equipo antibloqueo de un sistema de registro histórico de fallos y eventos, datados en tiempo real, que estarán acompañados del contexto asociado a cada tipo de evento o fallo. Este contexto consistirá en el registro del valor de las señales analógicas y el estado de las señales digitales relevantes, asociadas a cada tipo de evento.

El Adjudicatario deberá garantizar que el volcado del histórico de incidencias o fallos del equipo antibloqueo pueda efectuarse en modo local a un Ordenador Portátil, a través del bus del sistema informático, o bien hacia el CCM a través del canal de comunicaciones que en su momento se determine. A tal efecto, se proporcionará el software necesario para poder interpretar dicho histórico, debiendo ser sometido a la aprobación de FMB el formato de presentación de éstos. También se proporcionará un programa monitor que, a través de un Ordenador Portátil conectado al propio equipo antibloqueo, o al sistema informático del tren, proporcione a tiempo real los parámetros de funcionamiento del antibloqueo necesarios para su mantenimiento preventivo y correctivo.



La validación de la funcionalidad y prestaciones del equipo de antibloqueo del freno neumático, se realizará mediante el ensayo definido en la norma EN 15595.

### **2.6.3 Mando del freno de estacionamiento**

El mando del freno de estacionamiento contemplará las 2 posibilidades siguientes:

- Conducción manual.
- En conducción automática sin conductor (a través del canal de comunicaciones bidireccional tren-tierra que en su momento se determine).

Con freno de estacionamiento aplicado y en condiciones normales, el tren no podrá traccionar. Se preverá algún sistema para que ante una falsa señalización, o ante una avería real, se pueda traccionar mediante anulación lazo de tracción, etc.

La activación de la seta de emergencia (pulsador con enclavamiento, 2º canal de emergencia) implicará la conexión del freno de estacionamiento, que desaparecerá automáticamente al liberarse dicha seta de emergencia, sin necesidad de utilizar el pulsador previsto para este fin.

Se informará del estado del freno de estacionamiento en los puestos de conducción mediante la pantalla del sistema de monitorización y control.

La aplicación del freno de estacionamiento será automático cuando disminuya la presión de la TDP y por ausencia de alimentación eléctrica.

#### **2.6.3.1 Mando del freno de estacionamiento con conductor**

El mando local se realizará por medio de un pulsador de conexión y uno de desconexión, situados en el puesto de conducción. Para que la conexión se haga efectiva y se vacíen los cilindros de freno de estacionamiento, será preciso que el selector de marchas y el manipulador marcha-freno estén a cero y el tren parado.

El freno de estacionamiento sólo podrá ser controlado desde el puesto de conducción con llave de gobierno conectada: la puesta a cero de la llave de gobierno implicará una conexión automática del freno de estacionamiento.

Para desconectar el freno de estacionamiento se requerirá que exista llave de gobierno conectada en el puesto de conducción que se accione, y tener el selector de marcha en una posición distinta de cero.

Cuando el freno de estacionamiento de uno o más ejes estén anulados, se informará de esta situación a los puestos de conducción, mediante la pantalla del sistema informático. Así como, cuando el freno esté aplicado en algún eje.

### 2.6.3.2 Mando del freno de estacionamiento sin conductor

Desde el CCM se podrá ordenar la conexión y desconexión del freno de estacionamiento de un tren, mediante orden lanzada por el operador desde el CCM a través del canal de comunicaciones bidireccional tren-tierra que en su momento se determine. Desde el tren se enviará la información del estado de conexión o desconexión del freno de estacionamiento de todos los ejes del tren.

Cuando el tren esté en modo automático sin conductor, será el ATC el encargado de gestionar la aplicación o liberación del freno de estacionamiento.

Cuando el freno de estacionamiento de uno o más ejes esté anulado se informará de esta situación al CCM y al Taller. Así como, cuando el freno esté aplicado en algún eje.

### 2.6.3.3 Mando del freno de retención

Se dotará al tren de freno de retención, para evitar el desplazamiento del tren cuando se retira el freno de estacionamiento y se ordena tracción.

El freno de retención se aplicará de forma automática al detenerse el tren.

Existirá un pulsador situado en el puesto de conducción, cuya función será poder anular la aplicación del freno de retención, mientras se mantenga accionado.

El freno de retención evitará el movimiento del tren, incluso en condiciones de pendiente máxima de la línea y con carga máxima, aplicando la presión necesaria en los cilindros de freno. En estas condiciones, si se ordena traccionar, se moderará de forma automática la presión aplicada para permitir el giro de los ejes de los coches motores, dicha presión deberá disminuir de forma gradual y proporcional al par motor disponible en el conjunto del tren, hasta alcanzar los 5 km/h.

Se deberá prever cómo realizar la anulación de la retención automática en caso de fallo.

## 2.7 EQUIPO DE TRACCIÓN/FRENO (G)

### 2.7.1 Requisitos generales del equipo de tracción

Cada conjunto de tren constará de 4 unidades de tracción, iguales y formadas una por los coches A1 y B1 y la otra por los coches A2 y B2.

En caso de fallo en un equipo de tracción, se deberá garantizar una tracción mínima de al menos 90% de empuje de tracción, con los otros equipos de tracción. En este caso, se efectuará un incremento de demanda en el resto de coches operativos para compensar el par perdido, y seguir cumpliéndose con lo especificado en el apartado “1.6.3 Aceleraciones y deceleraciones”, sin comprometer la integridad de los equipos de tracción disponibles.

Cada coche motor dispondrá de un equipo de tracción completo, compartiendo con el otro coche motor de su unidad sólo los elementos de captación de energía, puesta a tierra y disyuntor.

El equipo de tracción empleará semiconductores de potencia de última generación, escalables a futuras evoluciones tecnológicas. El adjudicatario deberá indicar 2 (DOS) fabricantes diferentes de dichos semiconductores.

El cambio del semiconductor de potencia no obligará al cambio de sus gate drivers.

El convertidor cumplirá con lo dispuesto en las normas UNE EN 61287-1 para convertidores de potencia, y sus módulos de control con la norma UNE EN 50155 para equipos electrónicos.

Para el cambio de una tensión nominal a otra, será únicamente necesaria la activación de un conmutador, situado en el puesto de conducción o bien en modo remoto desde el CCM, y un indicador del control de tracción, del cambio de la alimentación.

En la fase de proyecto se estudiará la posibilidad de un cambio automático de tensión nominal, realizable bien en modo local desde el puesto de conducción o bien en modo remoto desde el CCM.

En función de la tensión de alimentación, el equipo de tracción modificará los parámetros de funcionamiento que sean necesarios, sin reducción de sus prestaciones nominales, ni aparición de situaciones en las que se ponga en riesgo la disponibilidad, funcionalidad y seguridad del equipo.

Los equipos eléctricos del tren estarán diseñados para asegurar el funcionamiento normal de los trenes tanto en tracción como en frenado, para todos los valores de tensión nominal de catenaria que se encuentren especificados en el apartado “1.5.3 Suministro de energía” así como en sus correspondientes rangos de variación excepcional definidos también en dicho apartado.

El equipo eléctrico de los trenes está diseñado de tal forma que detecta y trata los despegues del pantógrafo de la catenaria, así como para soportar las variaciones bruscas de la tensión de alimentación, como son, por ejemplo, las originadas por pérdida de contacto entre pantógrafo y catenaria, o por

apertura de disyuntores en las subestaciones de electrificación, y también soporta las sobretensiones que se presentan en la explotación normal de un sistema ferroviario. A este respecto, la cadena de tracción, deberá cumplir los requisitos que se establecen en la UNE EN 61377.

La cadena de tracción se dimensionará teniendo en cuenta que la velocidad máxima de servicio del tren será de 80 km/h. Cuando el tren alcance dicha velocidad, se cortará de forma automática la tracción. Esta velocidad podrá ser configurable por personal de mantenimiento, en el margen de 70 km/h a 90 km/h, con una precisión, como mínimo, de 1 km/h.

Si el tren alcanza los 90 km/h se aplicará automáticamente freno de emergencia hasta que la velocidad se reduzca a 5 km/h. Cuando se alcance esta velocidad se retirará automáticamente el freno de emergencia y se podrá volver a aplicar tracción.

Se deberán aportar referencias de equipos similares en funcionamiento en otras administraciones, indicándose la fecha de puesta en servicio y la fiabilidad real obtenida.

En caso de avería de un equipo de tracción, éste se inhibirá o si fuese necesario se desconectará de la alta tensión de forma automática, para lo cual deberán preverse los dispositivos necesarios. La desconexión automática se realizará solamente en circunstancias que afecten a la seguridad del tren o del propio equipo de tracción.

La anulación de la desconexión del equipo de tracción, se podrá efectuar de forma local en tren (activando un pulsador situado en el puesto de conducción en un lugar que evite su accionamiento involuntario) y de forma remota por el CCM, seleccionando el coche y enviando una orden a través del canal de comunicaciones tren-tierra bidireccional que se determine en fase de proyecto.

Ante el fallo de una electrónica de freno de algún coche, se podrá realizar la anulación de dicho equipo de freno de ese coche, desde cabina de conducción.

En caso de avería de alguno de los coches, existirá una nueva redistribución de freno eléctrico del resto de los coches y se mantendrán las prestaciones de freno.

El freno reostático se activará sólo cuando el frenado regenerativo puro sea insuficiente para proporcionar la deceleración demandada, de forma que se disipe la energía eléctrica sobrante en las resistencias de freno.

Las resistencias de freno serán lo más pequeñas posible en volumen y peso, pero se dimensionarán para que el equipo de tracción pueda prestar servicio exclusivamente con el freno reostático sin devolución de energía a catenaria. Serán de material anticorrosivo y no se admitirán terminales soldados, ni deformaciones temporales o permanentes debidas a la temperatura.

Se deberá minimizar o anular el ruido generado por el freno reostático, debiendo aportar el Adjudicatario datos del nivel de ruido generado en dB(A) con corriente máxima en las resistencias de freno. El Adjudicatario aportará datos de la técnica empleada para ello.

El equipo de tracción será totalmente estanco, refrigerados por aire sin ventilación forzada externa. No se aceptarán sistemas de refrigeración forzada por circuito cerrado de agua. Se deberá garantizar la evacuación del calor del equipo en cualquier condición de funcionamiento. Para garantizarlo se implementarán las protecciones térmicas que sean necesarias.

Si el equipo de tracción precisa de ventilación forzada por aire, el Adjudicatario deberá justificar que el caudal de aire no se reduce a lo largo del tiempo por agentes externos, especialmente polvo o suciedad, debiendo aportar documentación relativa al mantenimiento necesario. Se reducirá, lo máximo posible, el ruido generado por la ventilación, incorporando para ello los elementos necesarios.

Todos los subconjuntos y componentes serán de fácil acceso para su mantenimiento, por lo que el Adjudicatario deberá aportar documentación justificativa de la accesibilidad a todos los elementos del equipo.

No será necesario el desmontaje del cofre de tracción del tren para proceder a la sustitución de componentes del mismo.

Los cofres de tracción serán fácilmente desmontables del bastidor del vehículo, no interfiriendo esta operación con otros elementos situados bajo bastidor. Se preverán conectores y sistemas de sujeción robustos, fiables y fáciles de desmontar para tal fin.

Se consideran factores fundamentales para la elección del equipo:

- Las referencias aportadas de equipos similares en servicio.
- La fiabilidad garantizada por el Adjudicatario.
- La minimización de la periodicidad y complejidad de las operaciones de mantenimiento necesarias.
- La rapidez y simplicidad en la reparación de averías, estableciéndose en una hora el tiempo máximo necesario para la reparación del equipo de tracción. Para ello el control de la tracción estará dotado de un software de auto diagnóstico que indique el módulo o elemento en el cual está localizada la avería.
- La eficiencia de las herramientas software y hardware suministradas para la ayuda al mantenimiento preventivo y correctivo. Estas herramientas formarán parte del suministro del equipo.

### 2.7.2 Electrónica de control de tracción y protecciones

Todas las tarjetas del equipo estarán centralizadas en un único bastidor que facilite su fácil y rápida sustitución. Las tarjetas serán fácilmente desmontables del conjunto. En su frontal se incluirán el máximo número de señalizaciones del estado de cada tarjeta, lo cual facilitará la localización de averías.

Las tarjetas en el rack deberán estar codificadas, de forma que no puedan ser insertadas en una posición incorrecta. Todas las tarjetas deberán ir identificadas con número de serie y con su nombre en la propia tarjeta y en su posición en el bastidor.

El equipo de tracción dispondrá de las protecciones necesarias para garantizar la integridad de sus elementos, en las condiciones normales de servicio en la línea. Las actuaciones desencadenadas por dichas protecciones serán las más adecuadas en cada caso, de modo que garanticen que la apertura de disyuntor, contactores y el aislamiento del equipo de tracción solo se produzca en aquellos casos en que sea estrictamente necesario.

El equipo de tracción dispondrá, como mínimo, de las siguientes protecciones:

- Protección diferencial frente a derivación a masa
- Protecciones de 50 Hz
- Sobretensión y subtenión de la tensión de catenaria
- Sobrecorriente de línea
- Sobretensión y subtenión en el condensador de filtro
- Sobrecorriente en las resistencias del freno reostático
- Sobretensiones en la salida a motores de tracción
- Sobrecorrientes en la salida a motores de tracción
- Protecciones térmicas de los semiconductores de potencia y otros elementos del equipo que lo precisen.
- Otras que el Adjudicatario considere necesarias para la protección del equipo de tracción.

La oferta describirá los modos degradados asociados al disparo de las protecciones descritas, y a los avisos previos de dichas protecciones.

El sistema de refrigeración de los semiconductores de potencia deberá estar dotado de los sensores necesarios para que, en caso de que exista una reducción de la evacuación del calor, el control de la tracción active los mecanismos necesarios para evitar que se alcancen temperaturas que afecten a la vida útil de los semiconductores o a su integridad.

El rack de control de cada equipo de tracción estará conectado al bus del sistema informático embarcado para intercambiar las informaciones y órdenes de mando.

Los equipos de control deberán incorporar autodiagnóstico de fallos, averías y eventos para determinar su estado operacional:

- Operativo.
- Incidencia que no afecta al servicio.
- Modo degradado con reducción de prestaciones.
- Fuera de servicio.

El control de tracción estará dotado de un software de autodiagnos que indique el módulo o tarjeta en los que está localizada la avería. El resultado de los autodiagnósticos será transmitido al bus del sistema informático, pudiéndose visualizar en la pantalla de monitorización del puesto de conducción, y ser transmitidos al CCM. El Adjudicatario someterá a la aprobación de FMB las características de la información mostrada a través de la monitorización.

Se dotará al equipo de tracción de un sistema de registro histórico de fallo/eventos con fecha y hora en que se ha producido, que estarán acompañados del contexto asociado a cada tipo de evento o fallo. Este contexto consistirá en el registro del valor de las señales analógicas y el estado de las señales digitales relevantes, asociadas a cada tipo de evento.

El Adjudicatario garantizará que el volcado del histórico de incidencias, o fallos del equipo de tracción, pueda efectuarse en modo local a un Ordenador Portátil a través del bus del sistema informático (MVB o el que se determine), o bien hacia el CCM a través del canal de comunicaciones que en su momento se determine. A tal efecto, se proporcionará el software necesario para poder interpretar dicho histórico, debiendo ser sometido a la aprobación de FMB el formato de presentación de éstos.

También se proporcionará un programa monitor que, a través de un Ordenador Portátil conectado al propio equipo de tracción o al sistema informático del tren, proporcione en tiempo real los parámetros de funcionamiento del equipo necesarios para su mantenimiento preventivo y correctivo.

Se incorporará en el control de tracción la función de autotest del equipo de tracción, sin y con alta tensión aplicada. Esta función deberá informar del estado del equipo de tracción y de aquellos elementos que pudieran presentar anomalía.

Se podrán obtener registros, en tiempo real, de las variables analógicas y digitales más significativas del equipo de tracción y estas serán publicadas en el bus informático. El Adjudicatario junto con FMB definirá que variables se deben de publicar en fase de proyecto.

Se incorporará una función que permita definir un contexto de señales analógicas y digitales, que cuando cumplan determinadas condiciones activarán la captura gráfica de un conjunto de señales también predefinible. Este registro abarcará como mínimo un período de tiempo de +/- 3 segundos desde la activación de la condición de registro.

El Adjudicatario suministrará los equipos de prueba que sean necesarios para poder reparar los elementos que componen el equipo de tracción por personal de FMB.

El Adjudicatario deberá proporcionar la siguiente documentación del equipo de tracción para el mantenimiento del equipo:

- Esquemas eléctricos de los equipos de tracción.
- Esquemas electrónicos de las tarjetas a nivel componentes.
- Listado de cableados.
- Los planos de los montajes de componentes de las tarjetas.
- Los planos de los circuitos impresos sin componentes.
- Listas de materiales y componentes con sus características, indicando el fabricante y referencia.
- Los procedimientos de verificación y reparación de los diferentes subconjuntos y tarjetas que componen los equipos de tracción.
- Manuales de mantenimiento.
- Manuales descriptivos de funcionamiento del equipo de tracción.
- Manuales descriptivos de funcionamiento de los diferentes subconjuntos y tarjetas a nivel de circuitería.
- La descripción funcional de los programas de los microprocesadores.
- Catálogos donde figuren la descripción de los diferentes equipos, semiconductores de potencia, circuitos integrados y microprocesadores.

Cada equipo de tracción incorporará un contactor principal, cuya misión será aislar el circuito de tracción de la alta tensión cuando ese equipo de tracción se encuentre fuera de servicio, o cuando exista cualquier tipo de anomalía que deba provocar la desconexión de catenaria del equipo de tracción.

Se deberá garantizar que la apertura del contactor se efectúe siempre que la corriente a seccionar sea nula o tenga un valor suficientemente bajo para no dañar sus contactos por arco.

El equipo de tracción deberá permitir una reconexión inmediata ante una apertura del lazo de emergencia, al recuperarse este, sin que el equipo de tracción se vea afectado en ninguna de sus funciones o características.

El mando de tracción y freno del tren se realizará a través de los elementos presentes en el puesto de conducción (Llave de gobierno, Selector de marchas, Manipulador de marcha freno,...)

El control de los motores de tracción que realiza el convertidor de potencia permite el cambio de sentido de marcha del Tren sin utilizar procedimientos electromecánicos.

Se deberá poder circular marcha atrás a 25 km/h, para lo cual se instalará un pulsador precintado en el interior de los armarios de conducción. Dicho pulsador se iluminará al ser accionado, y cuando se sitúe



el selector de marchas en “Atrás” se activará una alarma acústica y visual. El estado del pulsador se registrará en el equipo caja negra.

Cuando todos los coches están operativos y el tren esté parado, los equipos de tracción aplicarán, al arrancar, un par inicial de tracción superior al par de freno originado por el freno de retención del tren. La estrategia de gestión del freno de retención deberá garantizar que el tren no retroceda si durante el proceso de arranque y hasta una velocidad a determinar, haya un par de tracción disponible inferior al necesario para el avance normal del tren. El Adjudicatario deberá de justificar, y deberá de ser validado por FMB, hasta que velocidad mínima se mantiene el freno de retención para evitar que en las peores condiciones de FMB el tren retroceda.

### **2.7.3 Antipatinaje-antibloqueo coches motores**

La función de antipatinaje-antibloqueo en tracción y freno eléctrico estarán controlados por el equipo de tracción. Cuando se utilice solo el freno neumático, el antibloqueo será controlado por el equipo de freno. El Adjudicatario podrá proponer que el control de estas funciones lo efectúe otro equipo del coche, debiendo justificar las ventajas que ello puede reportar. La detección para la corrección del antipatinaje-antibloqueo serán llevadas a cabo para cada eje individualmente.

Los trenes incluirán un sistema de antipatinaje para utilizar al máximo la adherencia disponible en cualquier condición ambiental de funcionamiento. Este sistema es de tipo electrónico, muy sensible y de actuación rápida. El objetivo del sistema de control de antipatinaje es ajustar el deslizamiento existente entre las ruedas motrices y el carril de forma que el tren trabaje en el punto de adherencia óptimo.

Las funciones del sistema de antipatinaje consistirán en corregir el patinaje/deslizamiento de uno o más ejes en tracción o en freno, evitando su bloqueo y la aparición de planos.

El equipo de tracción deberá actuar con la rapidez necesaria para garantizar que se recupera de forma inmediata la adherencia entre rueda y carril, en los ejes afectados por patinaje o deslizamiento.

El Adjudicatario deberá suministrar datos sobre tiempos de respuesta obtenidos en las condiciones más desfavorables (patinaje en tracción de los 4 ejes del coche, o deslizamiento en freno simultáneo de los 4 ejes del coche). También deberá suministrar la información que defina la estrategia utilizada por el equipo de tracción para corregir los fenómenos de patinaje y deslizamiento.

La función de antipatinaje-antibloqueo, implementada en el equipo de tracción, dispondrá de un autotest por software que deberá detectar posibles averías en los elementos del coche implicados en esta función. Estas incidencias deberán ser señalizadas en el puesto de conducción, indicando el coche afectado a través de la pantalla de monitorización, y podrán ser enviadas al CCM y Cochera, a través del canal de comunicaciones que se especifique durante el proyecto.

La función de antipatinaje-antibloqueo estará operativa para toda la gama de velocidades a que circulará el tren. Debido a que es especialmente crítico el control del patinaje partiendo de vehículo parado, y el

control del bloqueo cuando en frenado se aproxima la velocidad a 0 km/h, el Adjudicatario deberá aportar documentación justificativa de su funcionamiento en ambas situaciones. El jerk no será superior a 0,8 m/s<sup>3</sup>.

Los captadores de velocidad, que afectan tanto al control de tracción como a las protecciones de antipatinaje/antibloqueo deberán reconocer el sentido de giro de los ejes, y medir velocidades desde 0 km/h (detección de velocidad cero) hasta la velocidad máxima de 90 km/h. Se deberán aportar datos de la resolución y linealidad del sistema de captación de velocidad adoptado.

Los diámetros de rueda se introducirán a través del sistema informático del tren y éste lo distribuirá a los equipos que lo requieran. Si alguno de los diámetros que se van a introducir sale de tolerancias, el sistema no permitirá que se introduzca.

#### **2.7.4 Motores de tracción**

Las prestaciones del motor de tracción serán las adecuadas para conseguir que los trenes circulen en las condiciones de marcha especificadas en el apartado “1.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SERVICIO”, y de forma que en freno la recuperación de energía sea óptima en toda la gama de velocidades.

Los motores de tracción serán de corriente alterna, trifásicos, asíncronos del tipo jaula de ardilla. Los motores se dimensionarán para que los trenes cumplan las prestaciones dinámicas especificadas en este Pliego de Condiciones.

En la oferta deberá de aportarse la siguiente información de los motores:

- Potencia nominal y potencia máxima.
- Par nominal y par máximo.
- Máxima velocidad de giro.
- Tensión fase-fase a velocidad máxima.
- Rendimiento a potencia nominal y velocidad máxima.
- Pérdidas totales a potencia nominal y velocidad máxima.
- Temperatura ambiente de funcionamiento. Debe ajustarse al rango de -15º a + 50º.
- Clase de aislamiento.
- Grado de protección del motor.
- Peso.
- Curvas características del motor en vacío y plena carga, las cuales se deberán verificar en banco de pruebas.
- Como mínimo se entregarán las siguientes gráficas, teniendo todas ellas como eje de abscisas la velocidad de giro del motor (rpm) – frecuencia del estator:

#### **EN TRACCIÓN:**

Curva 1: ORDENADAS: Par motor y Potencia.

Curva 2: ORDENADAS: Tensión eficaz y Corriente eficaz.

Curva 3: ORDENADAS: (Relación: tensión estator/frecuencia estator) y deslizamiento en % y en Hertz).

EN FRENO (las mismas gráficas):

Curva 1: ORDENADAS: Par motor y Potencia.

Curva 2: ORDENADAS: Tensión eficaz y Corriente eficaz.

Curva 3: ORDENADAS: (Relación: tensión estator/frecuencia estator) y deslizamiento en % y en Hertz).

- Potencia equivalente del cálculo de diagrama de marcha y su calentamiento.
- Sobrecarga máxima de par y potencia admisibles para este motor durante 30, 15 y 1 minuto.

Los datos y curvas del motor se darán para cada una de las tensiones de catenaria definidas en el apartado “1.5.3 Suministro de energía”.

El bogie será bimotor (un motor por eje) con los motores suspendidos de los traveseros centrales del bastidor del bogie. Los motores estarán fijados al bastidor de bogie mediante elementos elásticos.

Estará provisto de los dispositivos necesarios para que en caso de rotura de los amarres se impida la caída del motor a la vía.

Los motores serán autoventilados, cerrados, debiendo ofrecer un grado de protección mínimo IP55.

En fase de proyecto se presentará a FMB el tipo de rodamientos elegidos, que serán ampliamente dimensionados. Se proporcionarán, al menos, tres fabricantes homologados de rodamientos para el motor elegido.

Los rodamientos impedirá el paso de corrientes parasitas a través de ellos.

Los motores estarán totalmente suspendidos, efectuándose la transmisión del esfuerzo tractor a los ejes a través de acoplamientos elásticos. Su montaje en el bastidor del bogie será sencillo, debiéndose poder cambiar en un foso por la parte inferior de los coches.

Los motores de tracción se someterán a los ensayos tipo y serie previstos en las normas CEI nº 349-2. (Rules for rotating electrical machines for rail and road vehicles). Serán normas de aplicación las NFF16101, NFF16102, U.I.C 619 y CEI 85.

El rotor estará equilibrado estática y dinámicamente. Los contrapesos o eliminación de material para equilibrado serán de fácil aplicación y no afectarán a la resistencia de las piezas o buen funcionamiento del motor.

La carcasa del motor estará protegida contra corrosiones debidas a condiciones ambientales adversas o proyecciones de aguas salinas.

El suministrador de la cadena de tracción indicará el procedimiento de captación de velocidad de los motores, proporcionando datos sobre la resolución y linealidad de la medida desde 0 km/h a 90 km/h. Los captadores deberán reconocer el sentido de giro de los ejes.

### **2.7.5 Emisor de consigna de tracción**

El manipulador de tracción-freno, o el ATO, generará una consigna en función del par requerido de tracción o freno, que será lineal y proporcional al desplazamiento en el caso del manipulador. Esta consigna será enviada a través del bus informático, MVB, a los equipos que la requieran de forma redundada.

La transmisión de señales desde los elementos de mando de tren, o el ATO, se realizará a través del bus del sistema informático, salvo las de aquellas que por motivos de seguridad deban realizarse a través de líneas hardware cableadas clásicas que deberá justificar el Adjudicatario.

Al pedir F7 a través del manipulador marcha freno, por el sistema de conducción automática sin conductor, o por el ATO, la señal del emisor de consigna debe desaparecer, de forma que se desencadenará la apertura del lazo de emergencia por el equipo de control de freno neumático.

En el caso de fallo del sistema informático, el Adjudicatario preverá una consigna local, a nivel de equipos, y de las señales digitales hardware de tracción y freno necesarias para traccionar y frenar el tren. El cambio de modo de conducción deberá ser seguro y rápido para evitar, que el servicio de la línea quede afectado.

El desplazamiento del manipulador marcha-freno tendrá 4 zonas claramente definidas: tracción, deriva, freno de servicio y freno de emergencia. Tales zonas estarán coordinadas con las funciones de sistema de conducción automática.

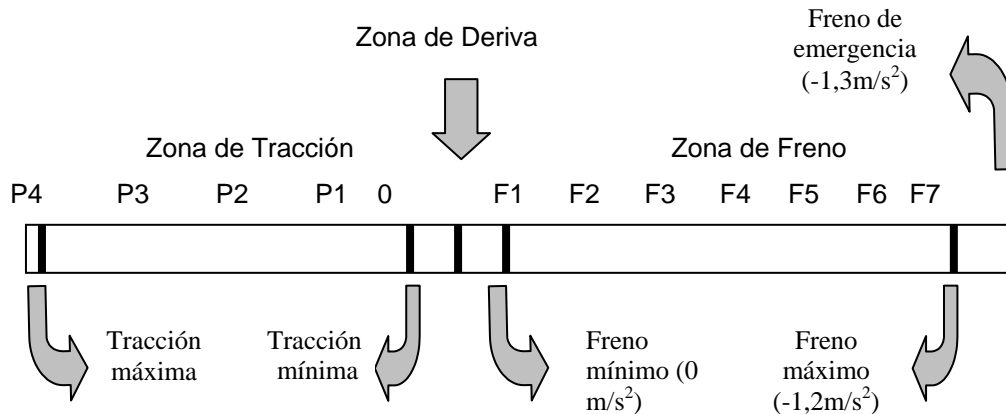
La zona de tracción estará comprendida entre las posiciones marcadas como P1 y P4, existiendo 2 posiciones intermedias marcadas como P2 y P3.

La zona de deriva estará comprendida entre las posiciones marcadas como P1-0-F1.

La zona de freno de servicio estará comprendida entre las posiciones F1 y F6, existiendo 4 posiciones intermedias marcadas como F2, F3, F4 y F5.

La posición de freno de emergencia, F7, estará en el extremo de la zona de freno de servicio, junto a F6 (tal como se muestra en el croquis). Para evitar el desplazamiento involuntario del manipulador hacia la zona de freno 7, la zona de paso del manipulador de F6 a F7 opondrá una resistencia al movimiento adecuada.

Cuando el manipulador esté en la zona de F7 quedará enclavado, y para desenclavarlo se deberá efectuar un esfuerzo similar al necesario para llevar el manipulador hacia F7.



En la zona de tracción, el manipulador generará una consigna de par a aplicar a los motores, proporcional al desplazamiento del manipulador. El equipo de tracción ajustará el par de los motores para obtener una aceleración constante, siendo la aceleración de  $1 \text{ m/s}^2$  para todo el tren en P4. A partir de este punto la potencia aplicada a los motores será constante.

Al poner el manipulador en la zona de freno de servicio, el tren frenará con una deceleración proporcional a la posición del manipulador entre F1 y F6, siendo  $0 \text{ m/s}^2$  para F1 y  $-1,2 \pm 0,05 \text{ m/s}^2$  para F6. La deceleración demandada se obtendrá mediante la suma del freno eléctrico disponible y el freno neumático suplementario que sea necesario.

Al llevar el manipulador a la zona de freno de emergencia F7, se aplicará freno neumático, obteniéndose una deceleración de  $-1,3 \pm 0,05 \text{ m/s}^2$ .

La transmisión de señales desde los elementos de mando de tren se realizará a través del bus del sistema informático, salvo aquellas que por motivos de seguridad deban realizarse a través de líneas hardwares cableados que deberá justificar el Adjudicatario.

El manipulador estará dotado de un dispositivo de codificación de su posición, para informar de la misma al sistema informático. El sistema informático informará de la demanda de consigna, generada por el codificador, a los equipos del tren que la requieran.

El Adjudicatario podrá proponer otro tipo de sistema y funcionamiento debidamente justificado. En funcionamiento del manipulador tracción-freno deberá de ser aprobado por FMB.

## 2.8 BOGIES (H)

La sustentación de los coches se hará mediante dos bogies independientes por coche. Los bogies serán:

- Motores: los dos ejes con capacidad tractora (ejes motores).
- Remolques: los dos ejes sin capacidad tractora (ejes remolques o portantes).

### 2.8.1 Características generales

El dimensionamiento de los bogies cumplirá con la norma UNE-EN 13749 “Aplicaciones ferroviarias. Ejes montados y bogies. Métodos para especificar los requisitos estructurales de los bastidores de bogie”.

Como principios generales de diseño, deberán considerarse fundamentalmente los correspondientes a simplicidad del bastidor, accesibilidad y mantenimiento reducido, compatible con unas excelentes características respecto a alta adherencia, estabilidad de marcha, reparto de carga en las ruedas, perfecta rodadura e inscripción en los trazados de las líneas de FMB y la máxima seguridad debida al servicio a prestar.

Los bogies alojarán los elementos correspondientes de los equipos de tracción y frenado, salvo para el caso del coche remolque que sólo incorporará los de frenado, por lo que en la concepción del bastidor deben ubicarse los correspondientes soportes y apoyos.

El bogie estará dotado de antenas y tacogenerador de ATP, ATO y conducción automática.

El bogie incorporará también los elementos para la suspensión del vehículo.

El bogie estará dotado de puntos de elevación para las tareas de mantenimiento.

El engrase del contacto rueda carril se realizará con elementos estáticos desde la vía.

Se realizará el cálculo de la tasa de descarga de rueda en función de la rampa de peralte, para cada tipo de suspensión con el objeto de asegurar que como mínimo será igual a los actuales existentes en FMB.

Para compensar el desgaste de ruedas (de hasta 100 mm en diámetro), podrá regularse la altura de la caja mediante calas, escalonamientos, etc. Esta operación deberá ser fácilmente realizable y en ningún caso será preciso desmontar el bogie.

Todos los elementos constitutivos del bogie serán intercambiables, por lo que los bogies resultantes serán también intercambiables.

Los bogies de los coches remolques estarán concebidos y calculados para ser convertidos fácilmente en bogies motores, debiendo tener todos los soportes y alojamientos necesarios para tal fin.

El sistema de propulsión del bogie se efectuará mediante dos motores, actuando cada uno de ellos sobre un eje, mediante los reductores y acoplamientos elásticos necesarios.

La sujeción de los motores será exclusivamente del bastidor y lo más cerca posible del centro del bogie.

Se preverá una unión eléctrica entre la caja y el bogie de forma que la corriente de retorno no produzca efectos perjudiciales.

En la unión eléctrica y neumática entre caja y bogie se utilizarán conectores de alta fiabilidad y calidad que permitan una gran maniobrabilidad en las operaciones de levante de bogies, embornes, acoples, averías etc.

El bogie y sus equipos estarán protegidos contra la corrosión, teniéndose en cuenta las condiciones ambientales existentes en la red de FMB.

Con la oferta deberán presentarse, como mínimo, la documentación que a continuación se indica para cada tipo de bogie (anchos UIC y Ibérico tanto para bogies motores como remolques):

- Plano de conjunto y detalle de los bogies que se estimen convenientes para la oferta.
- Peso y características principales de los bogies.
- Cálculos dinámicos de estabilidad del vehículo para máxima velocidad de 90 Km/h con perfiles de rodadura nuevos y usados.
- Cálculo previo de las frecuencias propias de las suspensiones vertical y transversal.
- Cálculo de la vida útil y periodos de engrase de los rodamientos de caja de grasa, motores y reductoras.
- Cálculo de las prestaciones del freno de servicio y del estacionamiento.
- Previsión en kilómetros de duración de las ruedas.

En fase inicial del proyecto se entregara informe justificativo de análisis de la accesibilidad de los distintos elementos principales a efectos de mantenimiento y descripción de las operaciones de desmontaje y montaje de los mismos a fin de valorar su mantenibilidad.

Las hipótesis de carga, los criterios de cálculo y los de análisis se establecerán de acuerdo con la norma UNE- EN 13749 para la categoría de bogie correspondiente.

El máximo desequilibrio de carga entre bogies de la unidad será de  $\pm 1\%$ . Adicionalmente, los desequilibrios de cargas por rueda no superarán el 4 % entre ruedas del mismo eje, 2 % entre ejes del mismo bogie, y 2 % entre las dos filas de rueda de un mismo coche.

Sobre el primer tren prototipo fabricado, se realizarán los correspondientes ensayos extensiométricos y de vibraciones sobre la caja, bastidor, eje y ruedas, indicando el Adjudicatario, los puntos a controlar y las tensiones previsibles a obtener, las cuales se contrastaran con los resultados reales en las vías de FMB. Dichos ensayos deberán de ser validados por FMB. Todo el cableado así como la sensorica utilizada para dichas mediciones, deberá de dejarse instalada en los bogies para su utilización en el futuro por parte de FMB.

Con la caja del tren elevada los bogies deberán de ser capaces de permanecer suspendidos de forma segura sin ayuda de elementos externos a este.

Se dispondrá en los extremos de los largueros, de elementos de amarre para realizar el transporte del bogie, en posición horizontal sobre sus ruedas por medio de cabrestante o barra de arrastre.

Se dispondrá de puntos de sujeción para elevación vertical para poder transportar el bogie mediante puente grúa.

El Adjudicatario deberá demostrar, mediante cálculos, que el diseño de los bogies permitirá cumplir en todo el ciclo de vida de los equipos/elementos con la norma EN 14363, incluyendo condiciones degradadas o de desgaste de los distintos elementos de influencia, en los modelos de simulación.

Se indicarán en fase de proyecto las velocidades críticas para las frecuencias de resonancia del bogie, tanto para la circulación en vacío como con carga máxima, debiendo ser todas ellas muy superiores a la velocidad máxima permitida por el tren.

Durante las pruebas dinámicas en vía del primer tren prototipo con carga máxima, dos de los bogies motores extremos (cola y cabeza de una Unidad), se sensorizará para verificar que el nivel de esfuerzos y tensiones no superan a los valores de diseño y cálculo del bogie y los aceptables por la vía.

### **2.8.2 Bastidor**

El bastidor deberá asegurar la capacidad resistente a todo tipo de solicitudes a las que se puedan ver sometidos tanto los bastidores así como sus componentes, debidas a las condiciones de servicio a efectuar en FMB.

El primer bastidor en fabricación será sometido a un ensayo extensiométrico y de fatiga conforme a la norma UNE-EN 13749 hasta su total destrucción, a fin de estudiar los límites admisibles y su comportamiento y verificar la validez del diseño.

### **2.8.3 Ejes**

El Adjudicatario se atenderá a las especificaciones reflejadas en las normas UNE-EN 13260 y 13261, salvo indicación en contra u otra normativa que el Adjudicatario estime oportuno y que deberá ser aprobada por FMB.



Los ejes cumplirán las normas EN 13103 y EN 13104 o, en su defecto, otras que el Adjudicatario estime oportunas, que deberán ser aprobadas por FMB.

La impedancia entre dos ruedas de un mismo eje será inferior al valor establecido en la norma EN 13260.

Los extremos del eje deberán ser planos y bien alisados (salvo los puntos para el torneado y fijaciones) para poder examinar fácilmente por ultrasonidos, en las operaciones normales de mantenimiento, la existencia de fisuras en ejes.

Se deberá de acompañar cada eje con su certificado de calidad que certifique todos los controles de calidad realizados.

El conjunto eje montado podrá ser desmontado sin necesidad de desmontar el bogie de la caja.

#### **2.8.4 Ruedas**

Las ruedas serán enterizas y estarán construidas en acero no aleado y de bajo contenido en carbono.

Las ruedas cumplirán con los requerimientos de la norma UNE-EN13262 dureza R7 Categoría 2 y la norma UNE-EN 13979-1.

El perfil geométrico de la rueda será el definido por la norma NF F03-402. El Adjudicatario podrá proponer modificaciones sobre dicho perfil con el objetivo de mejorar las características dinámicas del vehículo y el desgaste de ruedas. Dichas modificaciones deberán de ser aprobadas por FMB.

El diámetro del círculo de rodadura de una rueda nueva será de 840 mm, estableciéndose la capacidad máxima de desgaste en consonancia con el gálibo inferior del bogie, pudiendo ser hasta de 100 mm, medidos según el diámetro. Se debe asegurar que el tratamiento térmico al que deben ser sometidas las ruedas cubre el desgaste máximo previsto. En la cara externa de la llanta de la rueda deberá existir un testigo/entalla de último torneado, este deberá cumplir con la norma UIC510-2.

Se indicarán las diferencias admisibles de ruedas entre las de un mismo eje, entre ejes del mismo bogie y entre ruedas de distintos bogies del coche y la unidad.

Para cada eje montado se remitirá a FMB el diagrama correspondiente de las presiones de calado de las ruedas, realizado según UNE-EN 13260, y los ensayos no destructivos mediante técnica de ultrasonidos.

En el cubo de la rueda se deberán prever los canales y orificios de decalado para el acoplamiento de los dispositivos de extracción de rueda bajo presión de aceite. En el cubo se incorporará un resalte circular de forma que mediante el útil adecuado se pueda realizar el descalado de la rueda, realizando la tracción sobre el mismo.

Las ruedas estarán preparadas para ser reperfiladas en el torno de foso y en el de bancada.

#### **2.8.5 Cajas de grasa**

Los rodamientos serán de rodillos normalizados para ferrocarril y de primeras marcas acreditadas ampliamente en el sector ferroviario. En caso de utilizar otro tipo de rodamiento deberá ser aprobado por FMB.

Los rodamientos serán tipo compacto sin que precisen relubricación ni sustitución de grasa como mínimo hasta antes del ciclo largo del conjunto del bogie, y cumplirán la norma UNE-EN 12080 “Aplicaciones ferroviarias. Cajas de grasa. Rodamientos” y la norma UNE 18050 “Rodamientos para cajas de grasa de ferrocarriles. Inspección de recepción”

Las cajas de grasa serán estancas al polvo y al agua (IP65).

La caja de grasa permitirá la inspección del conjunto y el recambio de las escobillas de puesta a tierra del bastidor.

Todos los ejes deben de tener el mismo tipo de rodamiento estándar, siendo estos dimensionados para el más solicitado, según la distribución de esfuerzos.

El Adjudicatario deberá validar mediante ensayo conforme a normativa (EN 12081 y EN 12082) al menos tres tipos de lubricantes que puedan ser adquiridas en la Unión Europea. Dichos lubricantes deberán cumplir con la norma UNE-EN 14865.” Aplicaciones ferroviarias. Grasas lubricantes para cajas de grasa”.

El Adjudicatario deberá homologar al menos tres fabricantes de rodamientos.

#### **2.8.6 Suspensiones**

La suspensión del vehículo estará formada por dos etapas, primaria y secundaria, garantizando entre ambas un adecuado grado de confort en el departamento de viajeros y una correcta circulación del bogie tanto en curva como en recta, teniendo en cuenta las irregularidades de la vía y el gálibo máximo admisible en las líneas a las cuales se adscribirá el material rodante y las aceleraciones verticales máximas permitidas. La solución de la suspensión deberá ser validada por FMB.

El Adjudicatario deberá especificar el recorrido máximo de ambas suspensiones, que en total no deberá superar los 80 mm.

#### 2.8.6.1 Suspensión primaria

Durante toda la vida útil de la suspensión primaria, hasta el límite de pérdida de características, el Índice de Comodidad Media, NMV, definido y evaluado de acuerdo con la norma EN-12299, no será superior a 2 ( $NMV \leq 2$ ). En fase de proyecto se deberán aportar cálculos por simulación incluyendo elementos en las condiciones degradadas de influencia en el confort (elementos elásticos rigidizados y/o perfiles de rueda desgastados). Dichas simulaciones deberán realizarse sobre datos de vía con calidad geométrica representativa de las vías de FMB empleando un modelo validado a partir de los resultados de los ensayos de confort en condiciones nominales.

Estos elementos serán intercambiables entre sí, para los coches motores y remolques. Vendrán marcados con un número de serie, cargas admisibles, mes y año.

Se dispondrán entre la caja de grasa y la suspensión los elementos necesarios que permitirán el levante del bogie con los ejes suspendidos.

En el momento de entrega del tren, ningún resorte primario irá calado, excepto por las calas de fábrica que el Adjudicatario considere para lograr la altura nominal de resortes primarios en tara. No será necesario suplementar la suspensión primaria antes del primer ciclo largo.

El tope de la carrera a compresión de la suspensión, situado sobre la caja de grasa, estará provisto de un elemento de caucho a fin de evitar el contacto directo metal con metal.

La concepción y ensayos de los elementos de la suspensión primaria se conducirán teniendo en cuenta la norma UNE-EN 13913. El Adjudicatario suministrará a FMB las especificaciones técnicas de dimensionamiento, elaboración y ensayo establecidas para éste producto.

Las suspensiones primarias deberán estar categorizadas y marcadas según fluencia para garantizar su intercambiabilidad.

#### 2.8.6.2 Suspensión secundaria

La suspensión secundaria será neumática, y tendrá incorporado un sistema de regulación automática de altura en función de la carga.

La construcción de la suspensión secundaria estará provista de un dispositivo que permita ajustar fácilmente la altura del piso tras reperfilar las ruedas.

La suspensión secundaria deberá cumplir con la norma UNE-EN 13597 "Aplicaciones ferroviarias. Componentes de suspensión de caucho. Membranas de caucho para muelles de suspensión neumática". El Adjudicatario suministrará a FMB las especificaciones técnicas de dimensionamiento, elaboración y ensayo establecidas para éste producto.

Se indicará la frecuencia propia de la suspensión, la cual se mantendrá constante en cualquier condición de carga y circulación, así como los diagramas de flexibilidad vertical y transversal en los distintos estados de carga y datos de vida probable de la misma.

El diseño de la suspensión será de tal manera que deberán existir los elementos de seguridad necesarios para que, en caso de pérdida de presión en uno, o en la totalidad de las balonas, el tren pueda continuar su marcha hasta desalojar pasaje en la siguiente estación y posterior retiro a los talleres. En esta situación no se deben producir, ni aunque sea momentáneamente, inclinaciones anormales que no puedan ser absorbidas por los acoplamientos entre coches, o salirse del gálibo indicado en este Pliego de Condiciones, ni impedir el giro normal del bogie.

Se deberá demostrar la seguridad de marcha con balonas deshinchadas, incluyendo circulaciones en esta condición en los ensayos de comportamientos dinámicos, de acuerdo a la norma EN 14363.

La suspensión secundaria tendrá un tope mecánico de recorrido máximo vertical, que deberá garantizar en caso de excesivo hinchado de los balones, manteniendo la caja en los límites de seguridad. Este dispositivo permitirá levantar el bogie en el caso de descarrilamiento debiéndolo dejar girar libremente. También se preverá que pueda levantarse la caja hinchando los balones, para facilitar la colocación de los gatos de encarrilar.

La suspensión secundaria tendrá un sistema de detección de averías que genere un aviso de alarma al sistema informático del tren.

El bogie dispondrá de una llave de condena para que, en el caso de fuga de aire, no se provoque en ningún caso un descenso de presión en la instalación general por debajo de la presión mínima admisible para el funcionamiento correcto del resto de los equipos. Asimismo, se dotará al conjunto de una toma de presión que indicará la variación de la carga sobre la suspensión. Se contemplará la posibilidad de dotar a cada fuelle de la suspensión secundaria de una toma de presión.

### **2.8.7 Traviesa bailadora**

El apoyo de la caja sobre el bogie se realizará por medio de la traviesa bailadora a través de la suspensión secundaria, que la unirá al bastidor del bogie y a una corona de unión para permitir el giro relativo de la caja sobre el bogie.

Para dimensionar la traviesa bailadora serán aplicables los mismos criterios e hipótesis de cálculo que los indicados para el bastidor de bogie.

Se deberá adjuntar cálculo de la resistencia estática y a fatiga, teniendo en cuenta todas las posibles fuerzas actuantes.

El Adjudicatario entregará los cálculos justificativos de duración de vida para las cargas previstas.

Se incorporarán dos bielas longitudinales para asegurar la transmisión de los esfuerzos de tracción y frenado, a nivel de centro de ejes de rodadura, estando equipadas de articulaciones elásticas para evitar la transmisión de ruidos y vibraciones a la caja. Los elementos elásticos de las articulaciones deben seguir los criterios de la norma UNE-EN 13913.

Se incorporarán topes de seguridad limitadores de giro e impactos transversales que impedirán que en caso de descarrilamiento, se produzca un giro excesivo en el que puedan ser dañados elementos del bogie. Estos topes serán de actuación progresiva.

La lubricación de la corona será mediante grasa, para lo que la misma dispondrá de los correspondientes engrasadores fácilmente accesibles todos ellos desde el lateral de los coches.

### **2.8.8 Amortiguadores**

El Adjudicatario indicará en la oferta el tipo, número y función de los amortiguadores necesarios.

El adjudicatario remitirá el diagrama de funcionamiento (compresión/extensión) de cada amortiguador ofertado comparándolos con los esfuerzos dinámicos previstos y el tiempo de mantenimiento de estas características.

En caso de fallo de uno o varios amortiguadores nunca existirá pérdida de seguridad. Para mitigar las consecuencias de dicho fallo, se colocarán, independientemente de los amortiguadores, unos topes de caucho, de acción progresiva que limiten el desplazamiento transversal y longitudinal. Se deberá demostrar mediante ensayo que, en las condiciones degradadas que se establezcan como resultado del análisis de modos de fallo, elaborado por el Adjudicatario, se mantiene la seguridad del comportamiento dinámico, de acuerdo a la norma EN 14363.

El Adjudicatario suministrará a FMB las especificaciones técnicas de cada amortiguador así como de las de sus articulaciones elásticas de caucho elaboradas conforme a los criterios de las normas UNE-EN 13680 y UNE-EN 13913, respectivamente.

### **2.8.9 Reductores**

Los reductores serán de una o dos etapas de reducción. El Ofertante adjuntará, en la documentación técnica a suministrar a FMB, los cálculos que expliquen la utilización de una o dos etapas de reducción. La configuración de sus engranajes y el ataque respecto al par del motor de tracción será tal que permita cualquier nivel de desalineación de la suspensión.

El reductor estará dimensionado para transmitir los máximos esfuerzos de tracción y frenado así como los esfuerzos que se deriven de vibraciones inducidas por los ejes en su rodadura.

Los esfuerzos de reacción originados en el reductor, se absorberán a través de un brazo antipar que una el reductor con el bastidor del bogie.

El ajuste de la transmisión y rodamientos y posicionado de los engranajes, deberá poder realizarse de forma fácil y segura.

Las reductoras serán perfectamente estancas en su totalidad, no debiéndose añadir aceite hasta el cambio de lubricante.

El reductor dispondrá de una tapa de visita para comprobación del estado interior de los engranajes así como de los correspondientes tapones de vaciado y llenado con indicador de nivel. Uno de los tapones estará dotado de un sistema magnético de separación de partículas metálicas.

El nivel de aceite será fácilmente visible a través de una mirilla transparente. Se marcarán los niveles máximo y mínimo. Esta mirilla dispondrá de tapa de protección.

El conjunto Motor-reductor, estará previsto para la transmisión de toda la potencia, tanto en tracción, como en freno, y podrá absorber cualquier nivel de desalineación entre con los elementos de sujeción (bogie-caja-motor), así como los choques y vibraciones procedentes de la rodadura sin verse afectado en su trabajo normal y no viéndose afectada la vida útil y los tiempos entre revisiones de este.

Todos los reductores serán sometidos, una vez montados en el bogie a una prueba de rodaje tipo y serie (con aplicación de carga) en un banco de pruebas, para asegurar su correcto montaje y funcionamiento. De cada reductor se suministrarán los datos de vibraciones (hasta 5xGMF) y temperatura adquiridos para su posterior análisis predictivo. Se deberá suministrar a FMB un informe con dichos resultados.

#### **2.8.10 Equipo de freno en el bogie**

El equipo de freno neumático será dimensionado en función de los estudios previos de capacidad de freno necesarios para cumplir con las prestaciones y características exigidas en este pliego.

En términos generales, los elementos que constituirán el equipo de freno serán:

- Disco de freno.
- Cilindros de freno.
- Timonería.
- Guarniciones y zapatas de freno.
- Freno de estacionamiento.

##### **2.8.10.1 Timonería**

El Adjudicatario indicará en la oferta las medidas adoptadas para evitar su caída a la vía y el ruido producido por el juego de sus elementos.

No será necesario proceder a la regulación intermedia de la timonería, con desgastes máximos de las guarniciones, obteniéndose de igual manera, el máximo esfuerzo de freno.

Deberán contar con puntos de engrase fácilmente accesibles para que puedan ser lubricadas debidamente.

#### *2.8.10.1.1 Cilindros de freno*

Los cilindros o bloques de freno estarán instalados en lugares lo más accesibles posible, siendo fácil la sustitución de las zapatas (guarniciones), así como el cambio de los cilindros o bloques que podrán realizarse sin desmontar el bogie.

El juego entre zapata y disco, se mantendrá constante gracias a la acción de un regulador que compense automáticamente el desgaste de las zapatas. El regulador estará incorporado en el cilindro o bloque de freno.

Ante fallo del cilindro de freno se podrá identificar si está aplicado de forma efectiva el freno de estacionamiento e indicar dicho fallo al puesto de conducción y al CCM a través del canal de comunicación que se determine en el proyecto.

Los cilindros de freno de estacionamiento llevarán instalados un cable de conexión rápida para el desbloqueo manual de freno, así como un sistema para detección de freno de estacionamiento aplicado.

El interior de los bloques o cilindros deberá estar protegido contra la entrada de polvo, salinidad y corrosión.

En caso de requerir un utillaje especial para sustituir el cilindro, dicho utillaje se incluirá en la oferta.

#### *2.8.10.1.2 Disco de freno*

Los discos estarán dimensionados de forma que puedan soportar sin deterioro ni deformaciones o grietas, tres procesos de frenado consecutivos del tren con carga excepcional (8 p/m<sup>2</sup>) y desde la máxima velocidad.

La capacidad de disipación de energía de los discos será tal que, en el caso de avería del freno eléctrico, el sistema de freno neumático podrá trabajar indefinidamente, sin limitación en el servicio (en carga máxima, sin aplicar limitaciones de velocidad e incluyendo la realización de un frenado de emergencia en el punto más desfavorable de la línea). Las temperaturas alcanzadas en dichas condiciones en discos y guarniciones no deberán provocar daños sobre estos elementos, ni producir pérdida de prestaciones de frenado.

Los discos de freno estarán formados por dos partes. La interior calada al eje y la exterior atornillada y esta parte será sustituible sin necesidad de calar y descalar elementos del eje. El Adjudicatario presentará una memoria de las operaciones necesarias para esta sustitución y planos constructivos del disco partido.

El Adjudicatario deberá presentar el cálculo térmico del sistema de frenado neumático, que deberá ser validado mediante un ensayo dinamométrico en banco.

El Adjudicatario indicará en fase de proyecto las presiones de calado de los discos sobre el eje, incorporando éstos el correspondiente sistema de extracción.

#### *2.8.10.1.3 Guarniciones y Zapatas de freno*

Las zapatas serán sintéticas y no se aceptarán elementos contaminantes en su composición (amianto, plomo, etc.).

El Adjudicatario adjuntará las curvas en las que se indiquen las características del coeficiente de fricción con la temperatura, velocidad, presión específica, etc. Éstas deberán haber sido evaluadas mediante un ensayo tomando como base las prescripciones de la ficha U.I.C 541-03.

La calidad de las zapatas ofertadas cumplirá con los estándares y normas del mercado europeo. En fase de proyecto se deberán proporcionar las características de las mismas (temperaturas admisibles de pico y régimen permanente, desgaste, etc.), que deberán ser válidas para la aplicación, en base a los cálculos térmicos a entregar.

Las zapatas quedarán ajustadas perfectamente para que no tengan holgura y no provoquen desgastes prematuros y su montaje y desmontaje deberá poder efectuarse de forma rápida y sencilla.

#### *2.8.10.1.4 Freno de estacionamiento*

Se dispondrá de freno de estacionamiento por eje, que deberá ir incorporado al propio cilindro normal de servicio, mediante un resorte que actúe cuando disminuya la presión de aire.

El freno de estacionamiento podrá mantener el coche parado con carga excepcional de pasaje (AW4) en una rampa del 4,5% de pendiente y un 25% de cilindros fuera de servicio. En la oferta se presentará el cálculo justificativo.

El desbloqueo del freno de estacionamiento deberá poder ser activado de forma automática desde la cabina de conducción habilitada mediante la pantalla de control de tren y manualmente desde el interior del vehículo, mediante un sistema directo definido en el apartado “2.8.10.1.1 Cilindros de freno”. Este dispositivo debe desenclavarse automáticamente.

En cada bogie se incorporarán sirgas accesibles desde la vía por ambos lados del tren, y desde el interior del vehículo, para desbloquear el freno de estacionamiento.



### 2.8.11 Zapata de limpieza

Los bogies llevarán instaladas una zapata de limpieza para cada rueda que cubra toda la banda de rodadura. Su función será la limpieza de la zona de rodadura de la rueda.

La zapata se autoajustará automáticamente en función de su desgaste y reperfilado.

## 2.9 ENGANCHES (I)

En cada tren existirán dos tipos de acoplamientos:

- a) Acoplamiento automático, que servirá para acoplar trenes. Deberá realizar el acoplamiento mecánico y neumático.
- b) Acoplamiento semipermanente, entre los coches que forman el tren. Deberá realizar el acoplamiento mecánico, neumático, y eléctrico.

Los coches unidos mediante enganches semipermanentes irán dotados de dos sirgas de seguridad que no permitan el desacople y caída del pasillo de intercirculación, en caso de rotura del enganche.

Dicho interruptor deberá tener algún tipo de señalización visual para poder identificar su estado.

### 2.9.1 Enganche automático

Estos enganches se situarán en los testeros extremos del tren, su misión será acoplar trenes mecánica y neumáticamente de forma automática. El enganche no dispondrá de botonera.

El modelo de enganche automático deberá asegurar la compatibilidad con el material rodante existente en FMB, con el que se deberán acoplar las nuevas unidades en las operaciones de socorro.

Se dispondrá de sirgas con sus correspondientes puntos de anclaje en caja como doble seguridad en caso de que fuera necesario el remolcado de un tren.

El acoplamiento se efectuará con un tren parado y el otro a velocidad inferior a 5 km/h.

Para desacoplar se accionará un dispositivo disponible en el puesto de conducción para tal efecto y podrá retirarse libremente el tren. Por consiguiente, un único agente podrá efectuar ambas maniobras.

Las maniobras de acople o desacople podrán realizarse en curvas de 50 m de radio y rectas con cambio de rasante y acuerdos verticales de 1000 m de radio. En la Oferta se indicarán las posiciones límites que puedan tomar los enganches automáticos, semipermanentes o sistemas equivalentes por inscripción en

curvas, curva-contracurva, recta-curva, así como por los desplazamientos relativos caja-bogie debidos a las deflexiones de las suspensiones y los desgastes de ruedas.

El acoplamiento dispondrá de un sistema de guiado y sustentación que lo mantendrá en posición constante en las testeras libres (autocentrado vertical).

Los acoplamientos llevarán guías para su autocentrado horizontal.

En el sentido longitudinal existirán elementos elásticos, indeformables en servicio normal, tipo elastómero, homologados por la U.I.C. Además dispondrán de los elementos elásticos adecuados capaces de absorber los esfuerzos del servicio con viajeros.

Se dispondrá de los dispositivos necesarios para impedir que se produzcan desacoplamientos intempestivos en los trenes durante la marcha, con independencia del estado de la vía u otros factores y en caso de producirse, quedarán frenadas ambas partes.

Existirá una válvula de aislamiento accionable desde el interior de la cabina contigua, para la tubería única que atraviesa el enganche.

El acoplamiento neumático tendrá lugar a través de boquillas, fácilmente intercambiables de acuerdo con los criterios de mantenibilidad de FMB.

Para casos de emergencia y cuando por algún motivo muy especial no sea posible acoplar dos coches de la misma serie o distinta, se preverán unas barras de acoplamiento que quedarán sujetas a ambos vehículos por medio de un bulón. El lugar donde se aloje la barra deberá resistir un esfuerzo capaz de remolcar otro tren en tara.

Cumplirá la norma U.I.C 522, salvo en lo explicitado en este documento.

Se suministrarán barras para poder acoplar de emergencia con cualquiera de las series actuales que dispone FMB.

Deberán especificarse en la oferta las características principales del enganche ofertado, según el siguiente índice:

- Esfuerzo máximo a tracción de la cabeza: \_\_\_\_\_ kN.
- Esfuerzo máximo a compresión sin deformación permanente: \_\_\_\_\_ kN.
- Carrera a tracción y compresión del sistema elástico: \_\_\_\_\_ mm.
- Energía absorbida elásticamente (a tracción y compresión): \_\_\_\_\_ kJ.
- Absorción del sistema de impactos: \_\_\_\_\_ kJ.
- Carrera del sistema de impactos: \_\_\_\_\_ mm.
- Máximo ángulo en el plano vertical: +/- \_\_\_\_\_ °
- Máximo ángulo en el plano horizontal: +/- \_\_\_\_\_ °

- Margen de actuación del centrador:  $\pm$  \_\_\_ °

### 2.9.2 Enganche semipermanente

El acoplamiento o desacoplamiento de los coches de un tren, se efectuará normalmente en taller, aunque se preverá la posibilidad de realizarlo en línea, en caso necesario.

El acoplamiento se realizará con los coches parados y admitirá una diferencia de cotas entre enganches de 100 mm.

El acoplamiento mecánico se concebirá como unión embridada de dos semiacoplamientos, que comprende el guiado mecánico y las boquillas neumáticas. Las boquillas neumáticas de conexión serán fácilmente recambiables en caso de deteriorarse, de acuerdo con los criterios de mantenibilidad de FMB.

Todos los cables, incluidos los de potencia y baja tensión, se harán mediante mangueras aéreas. Deberá garantizarse que estas mangueras tienen longitud adecuada para pasar por las curvas de radio mínimo y no se produzcan roces con elementos de tren y vía.

Se deberá poder intercambiar el enganche semipermanente sin necesidad de desmontar otros equipos o desacoplar eléctricamente los coches.

Existirá en el interior del coche Remolque, una llave de cierre manual fácilmente accesible para aislar neumáticamente los coches, así como un interruptor múltiple para líneas eléctricas de tren.

Deberán especificarse en la oferta las características principales de este tipo de acoplamiento, según el siguiente índice:

- Esfuerzo máximo a tracción: \_\_\_ kN.
- Esfuerzo máximo a compresión sin deformación permanente: \_\_\_ kN.
- Carrera a tracción y compresión del sistema elástico: \_\_\_ mm.
- Energía absorbida elásticamente (a tracción y compresión): \_\_\_ kJ.
- Absorción del sistema de impactos: \_\_\_ kJ.
- Carrera del sistema de impactos: \_\_\_ mm.
- Máximo ángulo en el plano vertical:  $\pm$  \_\_\_ °
- Máximo ángulo en el plano horizontal:  $\pm$  \_\_\_ °
- Margen de actuación del centrador:  $\pm$  \_\_\_ °

## 2.10 CAJA (J)

### 2.10.1 General

Los cálculos de resistencia de la caja se basarán en el estado de carga máxima (AW3) para resistencia estática y el estado de carga nominal para resistencia a la fatiga.

La estructura de la caja será de aluminio.

La flecha máxima de la caja deberá ser inferior a 1/1000 de la distancia entre pivotes, en condición de carga máxima.

La estructura de la caja cumplirá con todos los requisitos indicados en la norma UNE-EN 12663-1 "Requisitos de dimensionamiento de las estructuras de los vehículos ferroviarios. Parte 1. Locomotoras y material rodante de viajeros (y método alternativo para vagones de mercancías)." para vehículos de categoría P-III.". El cumplimiento de dichos requisitos deberá de ser demostrados en banco de ensayos en la fabricación de la primera caja".

Las cajas estarán equipadas con dispositivos absorbedores de impactos (anti-climbers) en la parte delantera y trasera que puedan resistir una colisión frontal con daños limitados en la caja (estructura) de acuerdo con la norma UNE-EN 15227: "Protección pasiva frente a choques frontales", según los cuales el vehículo de FMB se clasifica en la categoría CII.

La caja del vehículo debe poder soportar las siguientes fuerzas:

- Fuerzas resultantes de la propia masa del vehículo más la carga máxima.
- Fuerzas resultantes de los ciclos de carga y descarga.
- Fuerzas dinámicas resultantes de acelerar, frenar, acoplar y remolcar.
- Fuerzas inducidas por las irregularidades y el trazado de la vía.
- Fuerzas que surgen durante el levantamiento y encarrilamiento de la caja del vehículo.

Se adoptarán soluciones estructurales actuales que favorezcan la reducción de peso a fin de optimizar en lo posible el gasto energético, sin menoscabo de la resistencia, de las condiciones de seguridad estructural para el pasajero en caso de colisión frontal o lateral y del confort del vehículo.

El Adjudicatario deberá realizar los cálculos de verificación con respecto a la resistencia mecánica y las propiedades de vibración de la caja. Los cálculos de resistencia se realizarán utilizando Métodos de elementos finitos (FEM). Los resultados de estos cálculos se describirán en un informe que se deberá proporcionar a FMB.

Durante las pruebas dinámicas en vía de la Unidad prototipo con carga máxima (AW3), dos de las cajas, se monitorizarán con galgas extensiométricas en los puntos de máxima sollicitación mecánica para verificar que el nivel de esfuerzos y tensiones no superan a los valores de diseño y cálculo.

La frecuencia propia de la caja debe estar lo suficientemente alejada de las frecuencias de servicio y suspensiones, con objeto de evitar fenómenos de resonancias.

Todos los elementos exteriores e interiores del Vehículo deben construirse de forma tal que no puedan soltarse accidentalmente o romperse, excepto en caso de vandalismo extremo. Esto se aplica a elementos como equipos de techo, trampillas de techo, barras de soporte, pasamanos de interior.

Las interfaces de los elementos fijados a la caja deberán cumplir los requisitos de la norma EN 12663-1.

Los elementos y sistemas suspendidos debajo de la caja deben estar asegurados contra un fallo de su sujeción de una manera doble e independiente.

Deberán instalarse al menos 2 puntos de elevación a extremos de cada caja, así como dos puntos suplementarios por lado a extremos de cada bogie que permita la elevación segura de la caja para tareas de mantenimiento. Cada uno de los puntos se marcará de manera identificable con adhesivos estándar. Estos puntos estarán convenientemente reforzados y se marcarán de manera identificable con adhesivos estándar.

La capacidad de carga requerida por punto de elevación de la caja debe de ser como mínimo la de tara de caja junto con el peso del bogie completo y estarán debidamente calculados de tal forma que no se produzcan aplastamientos ni deformaciones en los largueros de caja.

Los puntos de levante deberán de ser accesibles desde la perpendicular a tierra de dicho punto sin que sea necesario desmontar ningún equipo u/o elemento del tren ni exista ningún tipo de obstáculo. La ubicación final deberá ser validada por FMB.

La sección transversal útil de las cajas será la máxima posible respetando el gálibo cinemático del tren, de forma que la capacidad de pasaje sea óptima.

Durante el ciclo de vida de las unidades de tren, considerando un uso permanente y nominal, no aparecerán fisuras en ningún elemento estructural de la caja, ni de soportería ni en soldaduras. Los desgastes de los materiales no comprometerán la integridad de los elementos estructurales de la caja ni se llegará a su límite de fatiga.

La superposición de placas y perfiles no se utilizará, a menos que se demuestre que no es posible la corrosión en esas circunstancias.

Las matrices y moldes de fabricación quedarán a disposición contractual de FMB, durante un período no inferior a 25 años.

Se incluirán puntos de anclaje para la sujeción de elementos resistentes que eviten que en caso de desacople o rotura del enganche, protejan el desprendimiento o rotura del pasillo. Se deberán incluir también puntos de anclaje para la instalación de sirgas de seguridad entre trenes.

En la geometría del bastidor se deberán incluir elementos que aseguren la función de barrera antifuego del cual se deberá presentar a FMB un estudio justificativo de la idoneidad de la solución.

No se permitirá la utilización de los largueros como paso de cableado. Los cableados deberán presentar sus propias canalizaciones.

La validación del cálculo de la estructura de caja se realizará mediante los consiguientes ensayos extensiométricos.

El proyecto se planteará con los siguientes objetivos:

- Reducción de la tara de la caja, resultando un ahorro de energía.
- Nivel de solicitaciones más bajo, con distribución más uniforme en toda la estructura.
- Máximo de soldaduras automáticas de la mayor calidad.
- Empleo de aleaciones con buena resistencia a la corrosión.
- Máxima seguridad para los pasajeros en caso de colisiones.
- Seguridad ante posibles caídas de catenaria en cubierta y fusión metálica de la misma.
- Estudio de la caja, del interiorismo y de la integración de componentes, con el fin de garantizar el empleo óptimo de perfiles, provistos ya con todos sus raíles y guías para facilitar el montaje de todos los aparatos.

## **2.10.2 Tratamiento superficial.**

### **2.10.2.1 Pintura**

La pintura debe de ser en base a agua. Debe de ser resistente a los grafitis y fácil de limpiar.

La pintura exterior será de poliuretano de excelente calidad y de uso normal en los ferrocarriles. Se deberá tener en cuenta que los trenes se podrán lavar, como ya se ha dicho, en túneles de lavado automático y con productos detergentes y disolventes de eliminación de grafiti.

La calidad y el número de capas de pintura será tal que garantice, como mínimo, su perfecta conservación durante un período de diez años, en las condiciones normales de servicio.

El proceso de pintura deberá ser el normal siempre y cuando cumpla el requisito la última capa del esquema de pintura propuesto por el Adjudicatario para poder sustituir el vinilo sin deterioro de las capas de pintura inferior.

Se deberán de entregar probetas de prueba de tamaño A3 con el sistema de pintura para demostrar la resistencia de la pintura a la eliminación de vinilos y pegatinas.

La pintura deberá de ser aprobada por FMB, para ello el proveedor deberá documentar los siguientes puntos:

- Calidad de la pintura a utilizar.
- Tratamiento previo de la superficie.
- Gruesos de la capa de pintura.
- Tiempos de secado por capa.
- Métodos de aplicación y secado de las capas de pintura.
- Método de limpieza (método, productos, resistencia a lavados automáticos,...).
- Resistencia al fuego.

El sistema de pintura debe garantizar un nivel de calidad mínimo equivalente al de AFNOR NF F19-141.

La capa de pintura debe ser capaz de resistir:

- Lavados repetidos mediante túnel de lavado con cepillos.
- La aplicación y eliminación de vinilos.
- Aplicación de detergentes.
- El efecto de los rayos UV.

#### 2.10.2.2 Vinilo

El interior y el exterior de los coches deberá estar protegido con vinilo o pintura antigrffiti en las zonas que no se puede aplicar vinilo, que deberá mantener sus propiedades de limpieza durante 5 años o 50 aplicaciones de productos quita-grafitis.

En fase de proyecto el adjudicatario deberá demostrar que el vinilo cumple, como mínimo, los siguientes criterios de aceptación:

- Alineación entre dos piezas menor a 3 mm.
- Continuidad entre dos láminas menor a 3 mm.
- No habrán cortes irregulares en el corte de las láminas.
- Solapes entre láminas deberá estar comprendido entre 2 y 10 mm. El vinilo superior cubrirá al inferior para evitar posibles entradas de agua.
- Deberá de haber una ausencia de pliegues en las partes visibles de las láminas.
- No se aceptaran recortes.
- No deberán existir esquinas en punta (ángulo inferior a 90°). El radio mínimo será de 3 mm.
- No deberán de existir burbujas en lo vinilos con un diámetro superior a 3 mm y deberán de haber menos de 5 burbujas en un círculo de diámetro de 50 mm.
- Tras la aplicación de la lámina, no podrá producirse ningún tipo de transparencia a través de ésta. Es decir, restos de cualquier producto en la chapa no podrán verse una vez aplicada la lámina.

- El vinilo deberá evitar que la suciedad se adhiera por el efecto de la electricidad estática.

Las láminas se pegarán por debajo del marco de goma de las ventanas.

En todo el proceso de no se deben usar elementos cortantes, si fuese necesario, se deberá especificar en qué zonas.

Se deberá cubrir sin solapes aquellas zonas en las que las dimensiones del material lo permitan. Se deberá vinilar en una sola pieza y sin solapes las puertas de pasaje y puertas de acceso motorista.

Se empleará material conformado en aquellas zonas que se requiera por curvatura en la superficie (zona de testeras...). En la fase de proyecto se presentará a FMB en qué zonas se aplicará este material para su aprobación final.

El Adjudicatario integrará los logos externos corporativos, pictogramas y numeración de los coches. FMB facilitará el modelo de cada una de las pegatinas que deben ir en los trenes y su ubicación en fase de proyecto.

Las láminas deberán ser compatibles con el tipo de acabado de los trenes y deberán respetar los colores según el RAL que se defina en fase de proyecto.

La lámina debe cumplir con:

- Resistencia anti-grafitis G1 según Norma NF F31-112
- Clasificación al fuego y humo según Norma UNE-EN 45545
- Resistencia química a aceites grasas, ácidos, alcoholes, disolventes orgánicos e hidrocarburos, acetonas, éter y compuestos clorados.
- Certificado de instalador homologado por el fabricante de la lámina.
- Carta o documento firmado por el Adjudicatario conforme certifica la garantía ofrecida por el instalador para esa aplicación determinada.

#### 2.10.2.3 Acabados y protecciones

Deberá indicarse mediante perspectivas, vistas parciales, etc. el aspecto tanto interior como exterior del tren, determinando FMB el diseño que considere más idóneo. FMB participará en la elaboración del diseño.

Todos los colores vendrán definidos según normas UNE.

Las partes a pintar, no viniladas, se someterán, antes de su aplicación, a un proceso de desoxidación total y limpieza de polvo acumulado durante la construcción y desengrase.



Todos los elementos de la estructura se protegerán contra la corrosión por medio de una pintura de características y espesor adecuados.

La parte interior de la caja será pintada con una capa de imprimación para ayudar a la protección y durabilidad del interior de las cajas.

El aislamiento de la caja de pasaje debe reducir el intercambio de calor y reducir el ruido y vibraciones con el exterior.

Todo el bajo bastidor y los equipos en él montados, se protegerá con pinturas y productos que preserven de las agresiones de proyecciones de aguas calizas o de otros agentes.

### **2.10.3 Armarios, cofres y canalizaciones**

El interior de los cuadros eléctricos irá rotulados con la señal de riesgo eléctrico.

Todos los armarios, cofres y equipos eléctricos dispondrán de una etiqueta indeleble e indespegable situada en un sitio visible según su ubicación en tren, que indique el nombre del equipo y el peso.

Todos los subconjuntos de estos armarios y cofres de peso superior a 25 Kg estarán debidamente indicados mediante una etiqueta específica indeleble e indespegable.

Para el caso que existan subconjuntos superiores a ese peso el Adjudicatario dotará de las instrucciones y en su caso de las herramientas necesarias, para el desenganche, extracción y transporte de estos módulos. Dichos subconjuntos o equipos deberán de disponer de los correspondientes puntos de anclaje o suspensión debidamente identificados para facilitar el desmontaje de estos de manera segura.

Los armarios y cofres podrán estar equipados con sistemas de guiado/extracción de estos subconjuntos-módulos que ayuden en la operación.

Todos los armarios y cofres tendrán conexión de puesta a tierra en un lugar visible y de dimensión apropiada. Las tapas también dispondrán de una unión equipotencial con el armario y tendrá la suficiente flexibilidad para soportar las maniobras de apertura y cierre; su ubicación será tal que no moleste la extracción e instalación de equipos o elementos ni la realización de trabajos en su interior.

Todos los aparatos que necesiten revisiones periódicas irán montados en cofres en los laterales del coche, para poder ser revisados.

Tendrán cierres seguros y fáciles de abrir para su inspección. Las tapas no deben vibrar ni producir ruidos molestos y serán herméticas.

Una vez formado el tren con los distintos coches, todos los aparatos que cumplan la misma misión y deban revisarse, quedarán situados en el mismo lado de la composición lo que requeriría la fabricación

de coches del mismo tipo con diferente distribución de equipos.

La distribución de los aparatos se hará racionalmente teniendo en cuenta el aprovechamiento del espacio, fácil accesibilidad, distribución de pesos, etc.

Los anclajes de los soportes de los elementos al bastidor, deben estar dimensionados teniendo en cuenta las condiciones de servicio de FMB. Para el aluminio, los anclajes deberán estar adecuadamente protegidos contra la corrosión.

El sistema de paso de cables deberá ser fácilmente accesible, para facilitar las tareas de sustitución o adición de nuevas líneas de cableado.

No se aceptaran pasos de cableado que utilizan los huecos de los perfiles de caja.

Se evitarán los cambios innecesarios de dirección y sinuosidades en las canalizaciones eléctricas y neumáticas.

#### **2.10.4 Techo**

Techo debe de ser diseñado de tal forma que permita el paso a lo largo de toda la longitud del tren a través de un camino de ancho mínimo de 350 mm y que permita acceder a todos los equipos ubicados sobre este. El diseño debe de ser de tal forma que evite resbalones y tropiezos.

Para el acceso a otros elementos del techo se debe de garantizar la resistencia mecánica de la superficie por donde deben transitar los trabajadores.

El techo deberá estar diseñado de tal forma que impida la acumulación de agua y la oxidación debida a esta.

Los drenajes en el techo evitarán ensuciar ventanas, puertas y laterales del tren. Para ello se colocaran canalizaciones bajantes de desagüe para evacuar las aguas y condensados. Estas no incidirán en ningún aparato y/o elemento montado bajo bastidor ni sobre la vía.

Se evitará el estancamiento de aguas y condensados en cualquier zona de las estructuras de las cajas de los vehículos. Especialmente en las bandejas de recogidas de aguas, en las canalizaciones del cableado eléctrico y de comunicaciones y en los techos de los vehículos.

Dichos sistemas de desagüe incorporaran los elementos necesarios para evitar que se obturen.

Se colocarán 4 puntos de anclaje para permanencia en techo ubicados en las zonas de pantógrafo.

En la oferta se incluirá un sistema monorraíl a cada lado y a lo largo de todo del coche para conexión de equipos anticaídas. La instalación de dicho sistema se concretará en fase de Proyecto.

### 2.10.5 Departamento de viajeros

La distribución interior de la sala de viajeros deberá de ser de tal forma que maximice el espacio. En la oferta se deberán de detallar el número de viajeros de pie y sentados que pueden ir por coche en condiciones de carga máxima.

Los espacios destinados a sillas de rueda, carritos de bebé y bicicletas deben estar señalizados en el suelo del vagón formando dicha señalización parte del pavimento. Deberán también señalizarse en el exterior del tren.

En el interior de cada vagón debe existir una ubicación a la altura del techo y legibles desde cualquier parte del vagón con señalización estática tipo termómetro, pictogramas, etc.

Se dispondrá de 4 cargadores USB por coche para la carga de móviles y estarán integrados en los asideros.

La maqueta del puesto de conducción, mencionada en el apartado 2.4, incorporará una sección del compartimento de pasaje con interiorismo real, asientos, barras y asideros, ventanas, puertas, etc., hasta aproximadamente dos puertas de viajeros. Se incluirá la simulación de un pasillo de intercurrencia.

Asimismo se incluirá el dispositivo de desalojo de pasaje, válido para túnel de vía simple, vía doble, tren acoplado, tren paralelo, etc. También estará incluida la ubicación de dicho dispositivos.

#### 2.10.5.1 Asientos

El material constitutivo del asiento será rígido, a base de fibra de vidrio (o material equivalente) y perfiles metálicos no visibles, con los asientos y respaldos fácilmente sustituibles. El asiento será resistente al vandalismo mediante el rayado, siendo el color de las piezas interior y exteriormente del mismo color.

Los principios básicos que deberá cumplir el asiento serán los siguientes:

- a) El asiento deberá presentar unas características frente al fuego, según norma EN-45545.
- b) Coloración másica, no superficial, que no requiera posteriores pintados.
- c) Conformación de características anatómicas y ergonómicas para que no fatiguen las vibraciones.
- d) Ausencia total de ángulos vivos (perímetro con formas redondeadas).
- e) La altura del asiento estará entre 45 cm y 48 cm
- f) El color del asiento estará integrado con el resto de la decoración interior. Los asientos serán iguales para que su intercambiabilidad sea total.

En ningún caso se ubicarán cofres debajo de asientos. Aquellos elementos a los que se deba tener acceso desde sala se deberán situar en armarios junto al pasillo de intercurrencia (grifos de anulación de freno, seccionadores de coches, etc.).

La distribución de los asientos será longitudinal, con sujeción a los costados. Tipo “Cantilever”. El número mínimo de asientos por tren será de 108 asientos.

Deberán indicarse en la oferta las posibles distribuciones interiores, teniendo en cuenta la optimización de los siguientes parámetros:

- a) Equidistancia entre puertas del tren (4.197mm).
- b) Estética y confort general del interior del coche.
- c) Facilidad de circulación por el interior del vehículo y fluidez entre vehículo y andén.
- d) Capacidad de transporte (horas punta y horas valle).
- e) Seguridad.
- f) Diferenciación entre asientos reservados.
- g) La anchura mínima por plaza de asiento será de 500 mm.

Se reservarán zonas para las personas de movilidad reducida debidamente equipadas y señalizadas.

#### 2.10.5.2 Asideros

El Adjudicatario realizará la distribución de los asideros de forma que una persona pueda circular por todo el tren de forma segura y garantizando que con el coche a plena carga se puedan sujetar el máximo número de viajeros, de forma que no se obstruya el acceso o salida por las puertas, ni el tránsito a lo largo de los coches. Por todo ello se dispondrá de los siguientes elementos de sujeción:

- columnas verticales con tres barras en el interior sujetas al suelo y al techo.
- Asideros horizontales a lo largo de todo el tren
- barras-asideros limitando los módulos de asientos.
- asideros en los montantes de puertas y pasillo intercirculación.

Los asideros estarán formados por elementos tubulares con formas suaves y sin extremos libres.

El material constitutivo de los pasamanos, columnas y accesorios será el acero inoxidable. En todo caso serán agradables al tacto y de textura mate, facilitándose así la limpieza de los mismos. Todos estarán unificados en cuanto a sección. En cualquier caso serán de gran resistencia a los actos vandálicos.

Los asideros verticales individuales no deben deformarse ni aflojarse al aplicarle una fuerza horizontal de 2 kN a la barra de soporte a una altura de 1.25 m sobre el piso, y se aplica un par de 1000 Nm sobre su eje longitudinal si no es completamente recta y es posible ejercer un par.

Una asidero horizontal no debe deformarse o aflojarse si se aplica una fuerza vertical de 150 kg por FMB de longitud de la barra de soporte.

Las columnas verticales con tres barras en el interior sujetas al suelo y al techo no deben deformarse o aflojarse cuando se aplica una fuerza horizontal de al menos 4 kN a la varilla de soporte a una altura de 1.25 m sobre el piso, y se aplica un par de 2000 Nm sobre su eje longitudinal.

La ubicación de las columnas será tal que no puedan dificultar la limpieza del suelo, por su proximidad a asientos o paramentos.

En la oferta se adjuntará propuesta de distribución de asideros que cumpla con las condiciones especificadas en este Pliego de Condiciones. El diseño, ubicación, calidad y número de asideros, será aprobado por FMB en fase de proyecto.

#### 2.10.5.3 Pavimento

Deberá cumplir las condiciones siguientes:

- a) Conservarse en perfectas condiciones, es decir, sin despegues, abolsamientos, desgastes y pérdidas de color durante 18 años.
- b) Resistencia al calor.
- c) Buen aislamiento térmico.
- d) Resistencia ante cambios bruscos de temperatura.
- e) Buen aislamiento acústico.
- f) Resistencia a las vibraciones.
- g) Impedir la entrada de agua bajo el mismo.
- h) Fácil de colocar a la hora de la reposición parcial o total, debiendo existir en el primer caso un contraste mínimo de coloración con el resto de la superficie.
- i) Fácil de adquirir como repuesto.
- j) Fácil de limpiar por vía húmeda, sin que resulte deteriorado tanto el pavimento como las estructuras que lo soportan.
- k) Resistente a disolventes.
- l) Resistencia a fuego y humo con calificación según norma EN-45545.
- m) Resistente al punzonado.

El piso deberá tener una adecuada resistencia mecánica, debiendo soportar una carga, sin deformación permanente alguna, de 7000 N/m<sup>2</sup>.

La dureza Barcol será igual o superior a 35 unidades, según norma UNE- 53270.

El pavimento cumplirá también los siguientes requisitos:

PROPIEDAD	NORMA	VALOR
Aislamiento acústico de contacto	UNE EN ISO 140-8	Mínimo 7 dB
Flexibilidad y plegado	UNE EN 435 método A	El pavimento será flexible y no presentará líneas blanquecinas ni fisuras en la zona de plegado
Resistencia a carga electrostática.	UNE EN 1815	Máximo 2KV

Resistencia al deslizamiento	DIN 51130 y Merkblatt ZH 1/571	Mínimo R9
Espesor	UNE EN 428	Mínimo 2.5 mm $\pm$ 0.2 mm
Dureza	ISO 7619	Mínimo 80 shore A
Resistencia a la abrasión	ISO 4649 "Abrasión con carga de 5N"	Desgaste < 250 mm <sup>3</sup>
Resistencia al punzonamiento	Ensayo de punzonamiento por tampón según UNE EN 433	Nivel máximo de 0.15 mm
Resistencia a cortadura	ISO 34-1	Mínimo 20 N/mm
Resistencia al cigarro incandescente	EN 1399	Clase 3 (Método B)
Resistencia a agentes químicos	UNE EN 423	Ninguna alteración de la superficie
Estabilidad de colores frente a fuentes luminosas	ISO 105-B02 (método 3)	>5

Entre la chapa base fijada a la estructura del piso, y el pavimento propiamente dicho, se dispondrá de los elementos necesarios para aumentar la resistencia del pavimento, así como para mejorar el aislamiento al calor y al ruido. Tanto en la fase de diseño como en la de montaje se pondrá especial cuidado en evitar que se produzcan crujidos, marcas o hundimientos en el piso motivados por el simple paso de personas.

Se continuará el pavimento por el paramento vertical hasta una altura aproximada de 150 mm de forma continua, tipo "bañera".

No se colocarán trampillas u otros elementos que puedan romper la continuidad del pavimento, pero si fueran imprescindibles, las partes metálicas deberán ser resistentes al desgaste e inoxidables y perfectamente herméticas.

Se tendrá especialmente en cuenta el sistema de pegado a la base del piso, así como el sellado de las uniones entre módulos, al objeto de conseguir una perfecta estanqueidad.

La distribución del pavimento será con bandas longitudinales, con el menor número posible de estas. La unión entre bandas deberá de estar sellada de manera adecuada.

El revestimiento del piso deberá tener un color diferente en los asientos longitudinales para indicar la reserva de espacio para los pies de los pasajeros sentados.

Incluso en condiciones de humedad, el revestimiento del suelo deberá de tener buenas propiedades antideslizantes durante toda su vida útil. (Ver apartado 5.2.2 Comportamiento frente al resbalamiento)

El revestimiento del suelo deberá de tener logotipos incrustados (silla de ruedas / auxiliar de movilidad, silla de paseo, etc.) en la ubicación del área de multifuncional.

El Adjudicatario deberá de definir dos o más tipos de pavimentos con referencias de su instalación en otros operadores ferroviarios. En fase de proyecto, el Adjudicatario junto con FMB definirán que tipo de pavimento y características físicas se instalará en el tren.

#### 2.10.5.4 Área multifuncional

En el coche remolque se dispondrá de una área destinada a carritos de bebe, bicicletas, etc. que deberá estar correspondientemente señalizada en el suelo y en el lateral del tren. Dicha zona estará ubicada en el centro del coche y ocupará el espacio de una fila de 4 asientos.

#### 2.10.5.5 Revestimiento interior

La elección de los materiales y su acabado será tal que mantenga su apariencia y color original tras repetidas limpiezas de grafitis, suciedad, tinta, sustancias causticas, adhesivos, etc. Durante la fase de proyecto se realizarán ensayos para demostrar que estas características se cumplen.

Los paneles y resto de componentes que componen el interiorismo deberán ser montados de tal forma que se evite cualquier tipo de traqueteo, hundimiento o desprendimiento.

Los materiales utilizados deberán ser resistentes a la humedad y a los detergente (incluidos aquellos utilizados para la limpieza de grafitis). También serán repelentes al polvo.

La elección de los materiales será tal que mantengan la apariencia original tras repetidas limpiezas de grafitis. Se permitirá la utilización de vinilos antigraffiti cuya calidad e implantación deberá ser validada por FMB.

En el caso de que los revestimientos sean de materiales plásticos, deberán ser tintados de tal forma que en caso ralladuras estas no perderán el color original de dicho revestimiento.

Los paneles interiores deben tener un acabado suave y el mínimo de separación entre ellos. Las transiciones entre los paneles laterales y el suelo y el techo deben ser suaves. No deberán existir cantos vivos ni lugares donde se pueda acumular suciedad.

En ningún caso se utilizará pintura en el revestimiento interior, por las dificultades que supone su mantenimiento.

El interior del tren deberá estar provisto de los adhesivos informativos y de los elementos de señalización de evacuación que FMB le indique al Adjudicatario en fase de proyecto.

Para la fácil sustitución de los paneles de revestimiento interior por deterioro o cualquier otra causa, se colocarán de forma que puedan desmontarse individualmente, y estarán diseñados de forma que no sean necesarios tapajuntas.

Se dispondrá de los registros necesarios y suficientemente amplios para efectuar la reparación y revisión de aparatos, de forma que no sea preciso desmontar el revestimiento interior.

Todos los revestimientos de las paredes laterales, paredes testeras y techo, tendrán incorporado un tratamiento antigraffiti que deberá ser sometido a la aprobación de FMB.

#### 2.10.5.6 Pasillo de intercirculación

El pasillo de intercirculación deberá cumplir con la normas EN 16286-1, EN 16286-2.

La zona del pasillo deberá estar perfectamente iluminada y dispondrá de asideros en concordancia con el resto del tren.

Será robusto, ligero y capaz de resistir todas las solicitaciones que puedan producirse, con el tren circulando en vía general y cocheras, en las peores condiciones, reuniendo las máximas garantías de seguridad para el pasaje, en cualquier momento de la marcha. El montaje y desmontaje de los pasillos será fácil, rápido y seguro.

Formará una unión perfectamente estanca, impidiendo la entrada de polvo o agua incluso en el lavado mecánico, así como una correcta insonorización.

El alto y la anchura libre de paso será aproximadamente igual a la de los pasillos instalados actualmente en los trenes de L1 y L3:

- Alto libre de paso ..... 1.977 mm  $\pm$  5 mm.
- Ancho libre de paso ..... 1.350 mm + 25 mm/-50 mm.

El pasillo de intercomunicación, en su parte exterior de caja, deberá de ajustarse lo más posible al gálibo cinemático de la caja, disminuyendo así el riesgo de caída entre coches.

Los elementos del pasillo no deben ser accesibles a los viajeros, especialmente los móviles, para evitar accidentes o actos de vandalismo. En general debe ser de fácil limpieza y con la superficie protegida antigraffiti.

En la oferta se indicará explícitamente:

- Peso total
- Carga admisible
- Tiempo de acoplado y desacoplado de dos coches

El pasillo deberá presentar una resistencia a fuego y humo con calificación según norma EN-45545.

El pasillo tendrá una atenuación acústica según la EN 16286-2 de al menos 29 dB.



Se deberá de aportar referencias suficientes (2 o más) de experiencias demostradas en un servicio similar al necesario por FMB.

#### 2.10.5.7 Ventanas y luna frontal

Todas las lunas de la unidad serán de vidrio templado de seguridad, que, en caso de rotura, sus fragmentos no puedan producir lesiones, evitando la proyección de esquirlas hacia el interior. Las lunas frontales tendrán un espesor tal que no puedan ser perforadas por el impacto de objetos sólidos. El ofertante deberá indicar la capacidad para resistir impactos, que no será inferior a la requerida en la norma EN 15152.

Deberán de estar previstas de láminas protección antivandálica (antirayado y antiácido) por ambas caras. Dichas protecciones no deben reducir en ningún caso la transparencia del vidrio.

Todas las lunas del vehículo, incluyendo las puertas, deberán cumplir con el “Reglamento nº 43 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) - Disposiciones uniformes relativas a la homologación de los materiales de acristalamiento de seguridad y su montaje en los vehículos” y normas NF F 31250 y NF F 31119.

La superficie acristalada será la máxima posible, repartíendola de forma integrada a la estética del tren.

El lado superior de las ventanas en el departamento de viajeros deberá de estar como mínimo a 1850 mm por encima del piso y la dimensión mínima vertical de la luna será  $\geq 750$  mm.

Se montarán dos versiones, una con ventanas fijas y no practicables por el pasaje y otra (dos ventanas por coche) con la parte superior de la ventana practicable, abatible; la apertura representará un 20% de la superficie total de la ventana, pero si se desea podrán enclavarse fácilmente, impidiendo su apertura mediante cerradura de cuadradillo.

El montaje de las lunas se realizará asegurando una gran solidez y seguridad, mediante perfiles de goma con junta o cordón de expansión, que impidan asimismo la entrada de aire y de agua, y aíslen la luna de las vibraciones. La sustitución de ventanas y parabrisas se deberá poder realizar en el mínimo tiempo posible (< 1 hora). En fase de oferta se deberá indicar el tiempo de sustitución de ambos elementos y los útiles necesarios para realizarlo. En ningún caso se permitirá la colocación de contramarcos interiores.

La unión marco-ventana debe tener un nivel de protección de al menos IP66. Se aislará a las ventanas y parabrisas de todo tipo de vibraciones.

Se pondrá especial atención en la construcción y calidad de la planitud de las lunas evitando distorsiones ópticas.

La luna frontal será de vidrio laminado siguiendo la norma EN 15152 y U.I.C 651 o equivalente, debiendo permitir una visibilidad optima hacia el exterior con una transparencia no inferior al 85%.

Teniendo en cuenta que algunos de los trazados de la vía discurren por el exterior, la luna frontal y laterales del puesto de conducción estarán equipadas con cristales tintados y garantizarán la debida estanqueidad al agua y al aire, debiendo contar con canales de desagüe.

La luna frontal tendrá una capacidad resistente  $\geq 1,5$  kJ y estará debidamente dimensionada para que el personal de conducción pueda observar la vía y las señales.

La luna frontal será de forma plana, montada de manera tal que por acción de un impacto directo en cualquier parte de su superficie, de intensidad igual a la que soporta el vidrio no se desplace el conjunto hacia el interior de la cabina.

La luna frontal garantizará que por acción de un impacto directo en cualquier parte de su superficie, de intensidad igual a la que soporta el vidrio no se desplace el conjunto hacia el interior de la cabina.

Los parabrisas serán resistentes al gravillonado. Este requisito deberá ser validado según lo establecido en la norma EN 15152.

Asimismo los parabrisas irán calefactados.

#### 2.10.5.8 Iluminación interior

El alumbrado del interior de los coches no debe apagarse en el paso de pantógrafos del tren por zonas de catenaria con aisladores de sección, o cuando haya pérdidas de tensión de catenaria cuya duración sea inferior a 30 segundos. A tal efecto dicho alumbrado se alimentará de la tensión de batería.

La iluminación interior del tren se podrá graduar de forma manual, pero también automática en función del volumen de pasaje, de la hora del día o de la iluminación exterior.

El Adjudicatario deberá cumplir con la norma UNE-EN 13272.

El conjunto del alumbrado será realizado con tecnología de paneles LED, comprendida entre 4000°K y 6000 °K tal, que en cualquier punto de un plano horizontal situado a 1000 mm del suelo no resulte una iluminación inferior a 400 lux al año de funcionamiento y uniformidad de 0,8 a 1,2 en zona asientos y uniformidad de 0,5 a 2,5 en zona asientos, evitándose puntos con brillo.

Las luminarias deben estar diseñadas para evitar el deslumbramiento garantizando una calidad clase "A" y con curvas de iluminancia normal de 300 lux.

El índice de reproducción cromático deberá ser mayor o igual a 80 y siendo este color grupo 1B.

Estos requisitos se aplicarán igualmente a la cabina de conducción.

El alumbrado LED deberá cumplir con las normas IEC/PAS 62717: “Módulos LED para Iluminación general” y IEC/PAS 62722: “Luminarias Para LED Para iluminación general”. Así mismo deberá de cumplir con las siguientes características:

- CRI deberá ser 80 o superior.
- L70.
- Vida útil: superior a 100.000 horas.

Las luminarias irán alimentadas directamente a tensión de batería sin convertidores de iluminación.

Los difusores de alumbrado estarán en consonancia con la decoración interior y serán de fácil limpieza.

Se dispondrá de las medidas necesarias para que el público no pueda manipular los elementos de iluminación.

El encendido y apagado del alumbrado del compartimiento de pasajeros del tren lo gestionará el sistema informático de mando y monitorización. El encendido podrá realizarse de forma automática mediante la función de puesta en marcha automática (accionando el pulsador de PMA) y también podrá hacerse accionando un pulsador de “Conexión Alumbrado” situado en el puesto de conducción.

El apagado podrá realizarse de forma automática presionando el pulsador de DA, o de forma manual, accionando el pulsador correspondiente a la desconexión manual del alumbrado situado en el puesto de conducción.

Cuando la batería permanezca en descarga durante un tiempo de 30 segundos, de forma automática se desconectará el alumbrado ordinario quedando únicamente el de emergencia. Este tiempo podrá ser modificado por personal de mantenimiento.

La iluminancia debe ser suficiente para hacer posible la ocupación continuada del vehículo o el desalojo del mismo. Debe proporcionar el mínimo de luz necesario para hacer posible que los viajeros se puedan desplazar dentro de los vehículos así como abandonarlos y en particular advertir la presencia de obstáculos. Las salidas del vehículo deberán ser claramente identificables.

Ésta deberá garantizar su conexión automática debiendo alcanzar en el arranque en 5 segundos el 50% de la iluminancia requerida y en 15 segundos el 100%.

Se debe garantizar el funcionamiento durante 1 hora después del corte de suministro de energía.

Se colocarán luminarias junto a las puertas y estribos de puertas.

Cuando la batería vuelva a carga se reconectará automáticamente el alumbrado ordinario.

El Adjudicatario deberá justificar cuál es el nivel luminoso adecuado en el departamento de pasajeros y en el puesto de conducción, en función de la decoración, distribución de elementos y características de los materiales utilizados. Se deberá garantizar la uniformidad de dicha iluminación y que ésta no sufra cambios cuando la tensión de la batería fluctúe.

En el interior de cada coche se implantará un pulsador que al ser accionado activará el denominado “Alumbrado de mantenimiento”. Dicho pulsador se implantará en un lugar a establecer durante el proyecto, fuera de los armarios de cabinas y de modo que no pueda ser accesible al pasaje.

La misión del “alumbrado de mantenimiento” es dotar al interior del tren de iluminación, para aquel personal de limpieza u otro personal de mantenimiento ajeno a FMB, que no deba acceder al interior de los armarios de cabina.

Para activar el “Alumbrado de mantenimiento” se deberá accionar el pulsador citado, la batería deberá estar desconectada y su tensión no deberá ser inferior al 85% de su valor nominal. Si se cumplen estas condiciones se activará la iluminación de mantenimiento de los coches y los de los dos puestos de conducción. Si la batería ya estuviese conectada se inhibirá la activación del alumbrado de mantenimiento, ya que como mínimo estará en servicio el alumbrado de emergencia.

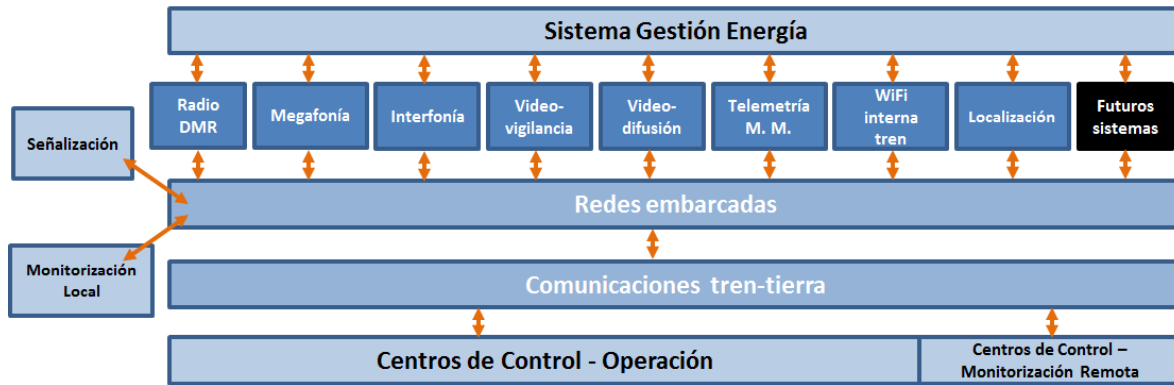
Con objeto de evitar la descarga total de la batería, el “Alumbrado de Mantenimiento”, se desconectará automáticamente 15 minutos después de haberse accionado el pulsador de conexión del mismo, o cuando la tensión de batería tenga un valor menor o igual al 85% de su valor nominal. Esta temporización de la desconexión podrá ser modificada por personal de mantenimiento en un margen de 5 a 60 minutos. Cuando actúe la temporización se podrá volver a reconectar el “Alumbrado de Mantenimiento”, siempre que se cumplan las condiciones para su activación antes citadas.

Las características técnicas de todos los elementos de iluminación deberán ser sometidas a la aprobación de FMB.

## **2.11 SISTEMA INFORMÁTICO EMBARCADO (K)**

La definición e integración de los sistemas tecnológicos embarcados se basa en la siguiente arquitectura de referencia, que muestra los diferentes componentes y sus interrelaciones.

Dicha arquitectura se basa en dos redes diferenciadas para sistemas tecnológicos y para aquellos propios de los sistemas del tren, canales comunes de comunicación tren-tierra y un sistema de gestor de energía global.



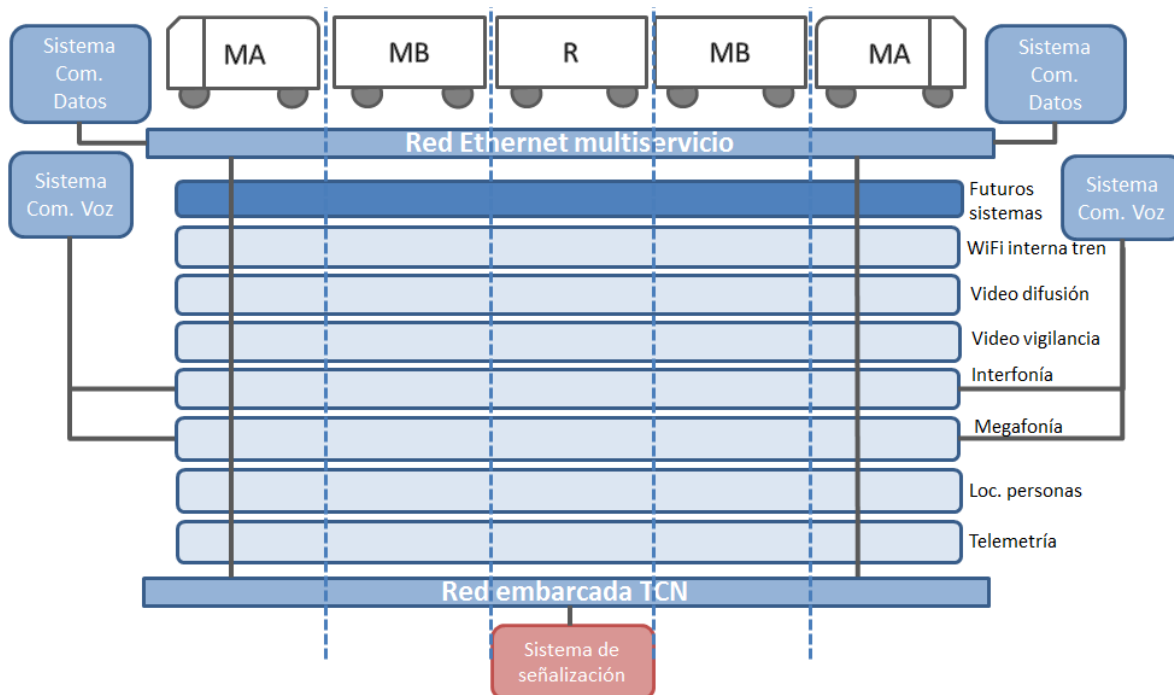
*Diagrama de la arquitectura del sistema*

Existirán dos redes diferenciadas con diferentes funciones y tipos de sistemas conectados en ellos: la red troncal TCN multiservicio (Train Control Network) y la red Ethernet multiservicio.

El propósito de la red troncal TCN es proporcionar un bus de control a través del cual los diferentes sistemas embarcados intercambian información de estados y alarmas. Esta red multiservicio permite la transmisión de datos críticos hacia el Centro de Control. Es utilizada por los diferentes sistemas para intercambiar información de estados y alarmas con otros sistemas y reportar al sistema de monitorización y gestión embarcada.

El propósito de la red troncal Ethernet es proporcionar un medio de transmisión de banda ancha dentro del tren para interconectar los elementos distribuidos por el tren que constituyen un sistema, evitando cableados y buses propietarios, los sistemas tecnológicos con los sistemas de comunicación tren-tierra y los diferentes sistemas que requieran intercambiar información diferente a la que viaja por la red TCN.

La siguiente figura muestra la visión de las redes embarcadas y su interconexión con los diferentes sistemas.



*Diagrama de las redes embarcadas*

### 2.11.1 Red troncal TCN

El tren incorporará un sistema informático que centralice las funciones de mando, monitorización y control del tren. Dicho equipo deberá estar homologado para aplicaciones ferroviarias de mando según norma IEC61375, por lo que el sistema de comunicaciones utilizado se basará en el estándar de tren TCN de la citada norma.

Los equipos integrantes del sistema cumplirán al menos las normativas ferroviarias de referencia en lo que respecta a ruido electromagnético (EN 50121), temperatura, vibraciones y condiciones de trabajo (EN 50155).

Básicamente el sistema informático embarcado estará compuesto como mínimo por:

- Procesadores redundados con localizaciones distantes en el tren, sin elementos comunes que comprometan su redundancia, con conexión redundante cada uno de ellos al bus de comunicación y con capacidad para que ante el fallo de uno u otro, siempre sea capaz de asumir el mando de forma totalmente transparente para el sistema (sin pérdida de prestaciones).
- Dos canales redundados de comunicaciones que no compartirán elementos susceptibles de provocar fallos simultáneos en las mismas y que interconectarán todos los equipos del tren. Cualquier tipo de fallo en las comunicaciones localizado en uno de los canales no debe tener consecuencias para el sistema, el canal que permanece operativo debe garantizar las comunicaciones sin que en ningún momento la funcionalidad se vea afectada.

- Los módulos de E/S remotos necesarios para realizar la función de mando y control del tren, se encontrarán adecuadamente distribuidos en los diferentes coches, también estarán conectados al sistema de forma redundante.
- Dos pantallas por puesto de conducción con su teclado, a través de las cuales se podrá consultar en tiempo real todos los datos e incidencias de los equipos embarcados en el tren. Cada pantalla situada en el puesto de conducción también se encontrará conectada de forma redundante al sistema informático y posiblemente al de CCTV si durante el proyecto se estima necesario que cumpla dicha función.
- Los equipos y redes auxiliares necesarias para garantizar la funcionalidad, seguridad y prestaciones requeridas del tren que se exponen en este documento.

La redundancia del sistema informático a nivel de procesadores y buses de comunicaciones debe ser real y absoluta. En ningún caso una sola avería en cada uno de estos subsistemas deberá ocasionar disminución en las prestaciones del tren.

Se cuidará especialmente la redundancia de los canales físicos que distribuyen cada uno de los buses de comunicación a lo largo de todo el tren, no se aceptará que dichos canales compartan conectores, regletas, alimentaciones, mangueras, apantallamientos y otros elementos susceptibles de introducir fallos que neutralicen la redundancia del sistema.

Las interconexiones del bus informático con cada uno de los equipos no se realizarán mediante conectores aéreos, sino que estos serán de tipo fijo sustentados a chasis (tipo rack), esta pauta se extenderá también al resto de canales de comunicaciones, E/S, alimentaciones, etc. del sistema. La operación de retirar, intercambiar, etc. equipos conectados a la red informática no requerirá manipulación alguna de conectores, sino que bastará con interrumpir su alimentación mediante el elemento adecuado, retirar la tornillería de sujeción y extraer el equipo.

Ante la extracción de cualquier equipo de la red informática de su alojamiento, para su mantenimiento, sustitución por avería, etc. no se aceptará deterioro en las comunicaciones, la única consecuencia esperada será la obvia desaparición del equipo de la red y la pérdida de mando e información asociada y sólo si este no se encuentra redundado. La integridad de los buses de comunicación no dependerá de que los equipos se encuentren conectados o no a los mismos. La extracción, de su alojamiento, de un equipo conectado a la red informática no implicará la apertura de la misma.

El cableado de B.T. del tren estará concebido para que en ningún caso el fallo o pérdida de un solo módulo de E/S remoto impida que un tren pueda continuar en servicio comercial de forma segura hasta el final del servicio. Los circuitos críticos para garantizar la movilidad segura de un tren, comandados por los módulos de E/S remotos del sistema informático, así como las entradas y salidas relacionadas deberán encontrarse correctamente redundadas.

Igualmente en el diseño de la circuitería del tren se debe contemplar una funcionalidad "Auxilio del Sistema Informático" con la que se garantice la movilidad segura de un tren cuando este sufre la pérdida

total o parcial del sistema informático por cualquier motivo. Dicha función debe permanecer disponible para cualquier estado en el que se encuentre el sistema informático embarcado, y su activación se podrá realizar desde ambos puestos de conducción.

La activación del modo “Auxilio del Sistema Informático” se realizará mediante el accionamiento del correspondiente pulsador, esto forzará la conexión y preparación de todos los equipos del tren para que este pueda circular, sólo en conducción manual, de forma segura incluso con pasaje si fuera necesario. Este proceso no debe necesitar prerequisite alguno diferente a tener mando de tren en el puesto de conducción desde el que se pretenda moverlo. El modo “Auxilio del Sistema Informático” debe prevalecer sobre el mando del sistema informático y junto al primero deberán poder coexistir el mayor número posible de funcionalidades importantes realizadas por equipos no afectados tras un posible fallo del sistema informático, como por ejemplo el de ATP, Radio, etc.

Junto al pulsador con el que se solicita el auxilio del SIE existirá una señalización luminosa para indicar que dicha funcionalidad se encuentra operativa.

El sistema debe ser capaz de recuperarse rápidamente y de forma automática tras el cese del motivo que originó el fallo, sin que se requieran reinicios. Aperturas o cortocircuitos esporádicos de bus no deben originar bloqueos permanentes del sistema.

El Ofertante deberá documentar, exponer y justificar las propiedades del sistema relacionadas con las especificaciones anteriores. El sistema y su funcionamiento deberán de ser aprobado por FMB.

El sistema de mando estará diseñado contemplando los modos degradados de trabajo del mismo, para que en caso de avería parcial o total de la red informática del tren quede garantizado el correcto funcionamiento de los servicios y equipos necesarios para poder retirar el tren de la línea. Así mismo cualquier pérdida de sistema redundado deberá ser reportada en tiempo real al puesto de conducción y al CCM mediante el canal que se estime para este fin.

En referencia a las informaciones, datos y registros del sistema informático de los trenes:

- Podrán ser enviados hacia el CCM y a la Cochera a través del canal de comunicaciones bidireccional tren-tierra que en su momento se determine.
- Se debe poder tener acceso, mediante la pantalla situada en puesto de conducción a datos e incidencias en tiempo real de todos los equipos embarcados en el tren.
- Todos los fallos y eventos deberán identificar el equipo y coche del que proceden y dar información sobre la naturaleza de los mismos. La información mostrada se acompañará de esquemas o imágenes, se diseñará de una forma sencilla e intuitiva, para facilitar la ubicación de los equipos en el Tren para encontrar rápidamente la mejor resolución de las posibles incidencias.



En la fase de proyecto se definirá conjuntamente con FMB el alcance de estas informaciones de diagnóstico.

El tratamiento de las informaciones a nivel de monitorización y mando de trenes se realizará desde CCM o desde la cochera, se efectuará mediante un software que se desarrollará a partir de la aplicación de monitorización y mando implantada en los trenes.

El sistema deberá gestionar la presentación simultánea de varios Estados Operacionales Incorrectos (EOI) de forma automática.

Cuando el tren esté conducido manualmente, los Estados Operacionales Incorrectos mostrados en la pantalla del sistema informático vendrán acompañados de una guía de actuación sobre el procedimiento adecuado a seguir en cada caso para solucionar la situación descrita. La aparición de cada Estado Operacional Incorrecto dará lugar a una señalización acústica de una intensidad adecuada para no generar molestia y que podrá silenciar el conductor al rearmarla. Esta señalización no estará operativa en tren cuando éste se encuentre conducido automáticamente sin motorista

En el sistema informático del tren existirá registro de Estados Operacionales Incorrectos, fallos y eventos en memorias no volátiles de llenado cíclico.

La capacidad de almacenamiento de las incidencias debe permitir una explotación normal del Tren entre intervenciones programadas sin que se produzca la pérdida de la información de las incidencias producidas o la imposibilidad de seguir almacenando incidencias.

En estos registros se datará la información en tiempo real y quedará asociada a un contexto que permita una rápida interpretación de la incidencia al recuperar los datos. El Adjudicatario deberá analizar para cada caso cuál es el contexto más adecuado, el cual deberá ser sometido a la aprobación de FMB.

El análisis de eventos debe ser una potente herramienta con la que se obtenga información real y útil para el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema, debe evitarse la aparición de eventos injustificados.

Las aplicaciones del sistema informático deberán posibilitar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo del sistema informático y será sometido a la aprobación de FMB. El Adjudicatario deberá aportar herramientas embebidas y no embebidas efectivas suficientes para que cada una de ellas por separado pueda mostrar en tiempo real indicadores de la calidad de las comunicaciones (tasa de tramas erróneas, conectividad de equipos, etc.). Los datos o registros que suministren las mencionadas herramientas informáticas embebidas en el sistema, capaces de evaluar la calidad de las comunicaciones del mismo, no sólo serán anotados como eventos sino que además podrán ser enviados en tiempo real al CCM por el canal tren-tierra que en su momento se determine.

La herramienta para la implementación de los algoritmos de control del sistema informático embarcado se basará en aplicaciones software de tipo gráfico y de alto nivel, similares a las empleadas para

autómatas programables. Su entorno de trabajo deberá ser agradable e intuitivo para el operador (user friendly).

Durante la fase de proyecto, el Adjudicatario deberá justificar los algoritmos empleados en la gestión del mando y control de los sistemas y equipos del tren.

Todo software relacionado con el SIE debe ser desarrollado, depurado y validado mediante procedimientos que garanticen la seguridad de funcionamiento con autodetección de defectos y errores. Los softwares y hardware deberán cumplir los niveles SIL que se definan durante el desarrollo del proyecto, de acuerdo con el estudio de seguridad global del sistema. Durante el desarrollo del proyecto se justificará el nivel SIL para las diferentes funciones de control.

La totalidad de las herramientas informáticas deberán ser entregadas a FMB coincidiendo con la entrada en servicio del primer tren. Dicho software deberá trabajar en entorno Windows. Todas las versiones de software a entregar serán las utilizadas por el Adjudicatario en la puesta en marcha del sistema, sin ningún tipo de limitación en sus prestaciones. El número de licencias software a entregar se dimensionará en función de las necesidades que en su momento se prevean.

Todas las interacciones hombre-máquina (IHM) con el sistema informático deberán poderse efectuar mediante la pantalla del puesto de conducción, reservándose el uso de Ordenador Portátil para las operaciones específicas a efectuar por personal de mantenimiento. En las zonas de conducción existirán puntos de conexión y acceso a las redes informáticas del tren mediante Ordenador Portátil, desde donde se podrá realizar la puesta a punto de los principales equipos y sistemas embarcados (sistema informático, cadena de tracción, ATC, frenos, convertidores, CCTV, etc.). Para este tipo de accesos sólo se utilizarán conexiones de alta velocidad tipo USB, Ethernet o similar.

Las pantallas del puesto de conducción dispondrán, como mínimo, de las mismas características de direccionalidad respecto al ángulo de observación de la pantalla que permita un correcto visionado de los mensajes e imágenes, desde cualquier posición localizada en los alrededores del puesto de conducción. Será robusta, con protección antivandálica frente a golpes y erosiones, e incorporará un teclado antivandálico que en ningún caso será de tipo membrana.

La pantalla de monitorización tendrá control automático de brillo y contraste, de modo que ajustará ambos en función del nivel de luminosidad existente en la zona de conducción, con objeto de no deslumbrar al conductor y garantizar su correcta visibilidad. A tal efecto, se incorporará un sensor para medición del nivel de luminosidad en cabina que no tenga retardo en la respuesta frente a cambios bruscos de iluminación (transiciones túnel-exterior, túnel-estaciones y viceversa).

El Adjudicatario deberá adjuntar especificaciones técnicas de la pantalla utilizada destacando: vida útil prevista del monitor, fiabilidad, resistencia antivandálica, robustez para aplicación ferroviaria, etc. LCC, garantía, mantenimiento.

La introducción del dato de diámetro de rueda de los ejes del tren que llevan asociados tacogeneradores o dispositivos de medida de velocidad, se podrá efectuar a través de las pantallas del sistema informático del tren, transmitiéndose a los diferentes equipos que requieran esta información.

Todos los equipos que requieran reloj en tiempo real estarán sincronizados a través del sistema informático, el cual tomará como patrón el reloj de tiempo real de uno de los equipos caja negra (los 2 equipos caja negra deben estar sincronizados). En caso de avería de este equipo se tomará como patrón de reloj la otra caja negra, si ésta también fallase sería el reloj en tiempo real del SIE el utilizado como patrón.

Cualquier modificación en el reloj de tiempo real del equipo caja negra patrón deberá ser actualizada de forma instantánea en el resto de los equipos. Las modificaciones del dato del reloj se podrán realizar desde las pantallas situadas en los puestos de conducción pertenecientes al sistema informático y desde el CCM, actualizándose este dato en el resto de los equipos. Se deberá registrar en la memoria de eventos y caja negra dicha modificación, con indicación de los datos del reloj de tiempo real antes y después de la modificación, con objeto de disponer de la trazabilidad de dichas intervenciones.

También la introducción del dato de temperatura consigna para los equipos de climatización de un tren se podrá efectuar desde las pantallas situadas en el puesto de conducción y desde el CCM.

En fase de proyecto se definirán que parámetros deben de enviarse al tren desde el CCM y que parámetros o variables se quieren leer del tren y enviarse al CCM a través de la red de comunicación que se determine.

Todas las tarjetas y equipos instalados en los trenes deberán publicar en el sistema informático embarcado del tren su correspondiente número de serie, de manera tal que se pueda consultar y/o extraer la arborescencia de tarjetas, equipos,... montados en el tren en cualquier momento.

Los módulos de entradas-salidas E / S (interfaces entre el sistema informático y los equipos del tren) dispondrán de como mínimo de un 20 % de entradas y salidas de reserva, en previsión de posibles modificaciones posteriores al proyecto. Dichos módulos deberán estar diseñados para poder trabajar directamente con tensión de batería sin necesidad de adaptadores intermedios de tensión.

El sistema informático embarcado deberá incorporar funciones de autodiagnóstico de fallos, averías y eventos para determinar su estado operacional:

- a) Fuera de servicio.
- b) Modo degradado con reducción de prestaciones.
- c) Incidencia que no afecta al servicio.
- d) Correcto.

Esta función es de nivel superior a la monitorización y al registro local de eventos en los equipos. El propio equipo debe poder diagnosticar el origen de la anomalía y acotarlo de la forma más precisa posible. Estas informaciones deben enviarse al CCM y a la Cochera, y mostrarse en la pantalla de monitorización del puesto de conducción.

El Adjudicatario deberá diseñar unos protocolos de pruebas que permitan verificar la totalidad de las funciones de mando, informaciones y modos degradados del SIE.

### 2.11.2 Red troncal Ethernet

El propósito de la red Ethernet multiservicio es proporcionar un medio de transmisión de banda ancha dentro del tren para:

- Interconectar los elementos distribuidos por el tren que constituyen un sistema, evitando cableados y buses propietarios. Para ello se define una VLAN dedicada al sistema (comunicaciones intrasistema).
- Interconectar los sistemas tecnológicos con los sistemas de comunicación tren-tierra.
- Interconectar los diferentes sistemas que requieran intercambiar información diferente a la que viaja por la red TCN (comunicaciones inter-sistema).

Esta red permitirá a los diferentes sistemas compartir información sobre la que viajará la transmisión de audio, vídeo y datos hacia equipos:

- Transmisión de audio entre equipos, para los sistemas de megafonía e interfonía.
- Transmisión de audio y vídeo para los sistemas de video vigilancia y video difusión.
- Transmisión de comandos de control de los distintos sistemas.
- Transmisión de datos de monitorización y registro de todos los equipos de los distintos sistemas.

La información se encontrará segmentada en diferentes VLAN (una para cada sistema) para:

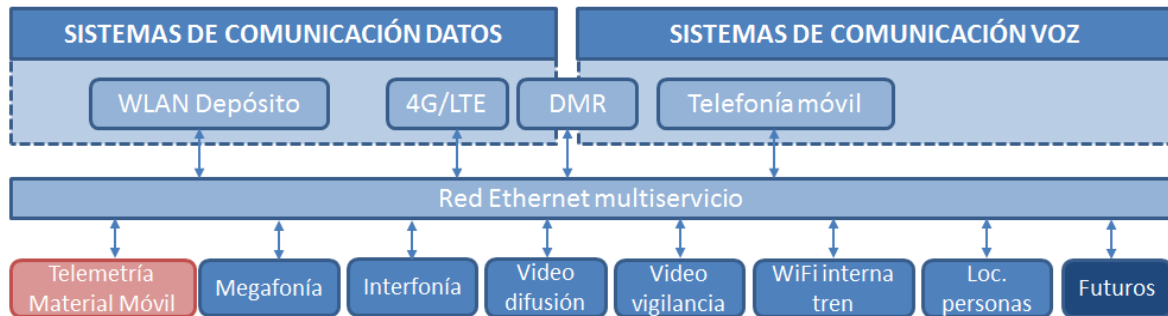
- Comunicarse entre los diferentes elementos que constituyen un sistema (comunicaciones intrasistema).
- Interconectar los diferentes sistemas entre sí y con los sistemas de Registro de Log y de Comunicaciones (comunicaciones intersistema).

De forma resumida, la utilización de la red embarcada por parte de los diferentes sistemas, cuya operativa se detalla en los apartados posteriores, es la siguiente:

Sistema	Comunicaciones intrasistema			Comunicaciones intersistema			
	Audio	Vídeo	Control	Registro Log/alarmas	Com. datos	Tx Com. voz	Tx
Megafonía	✓	-	✓	✓	-	✓	

Interfonía	✓	-	✓	✓	-	✓
Vídeo vigilancia	-	✓	✓	✓	✓	-
Vídeo difusión	-	✓	✓	✓	✓	-
WiFi interna	-	-	-	-	✓	-
Localización personas	-	-	-	✓	✓	-
Log / Alarmas	-	-	-	✓	✓	-

Utilización de la red Ethernet embarcada

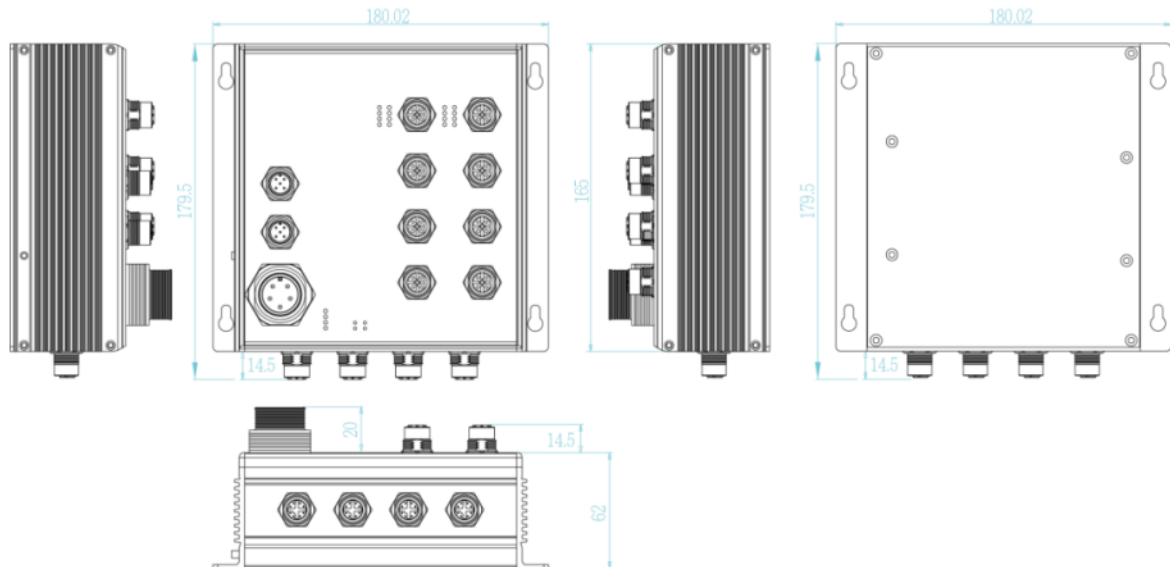


Relación entre la red Ethernet embarcada, los diferentes sistemas embarcados y los sistemas de comunicación al exterior

Deberá ser una red troncal Ethernet multiservicio Gigabit 10/100/1000 Mbps de Nivel 2 tanto para la comunicación intersistema como intrasistema y cableado industrial de categoría 6A para Gigabit.

FMB facilitará al Adjudicatario cinco switch de la marca Lantech IPES-5408T-X IP54 por tren, uno para cada coche. El Adjudicatario será el responsable del diseño de implantación de dichos equipos en el tren, su configuración e instalación aportando el material necesario para ello, además, participará en las pruebas de integración y validación del sistema.

Las funciones del Adjudicatario, entre otras, será la de proporcionar todos los componentes necesarios (rack, cableado...) para la configuración e instalación del switch, del cableado troncal, del cableado de todos los equipos que conecten con el switch, de la alimentación de todos los equipos, etc.



Plano de dimensiones switch Lantech IPES-5408T-X IP54

El cableado de la LAN embarcada, que corre a cargo del Adjudicatario, debe realizarse utilizando:

- Cableado INDUSTRIAL SERIE M12D CAT. 5E (4 PIN) 100 Mbps para la interconexión con los equipos.
- Cableado INDUSTRIAL SERIE M12X CAT. 6A (8 PIN) 10 Gbps para la interconexión entre switches.

### 2.11.3 Puesta en marcha y desconexión del tren

#### 2.11.3.1 Introducción

La puesta en marcha y desconexión del tren puede ser de 2 tipos:

- Local: Será la utilizada cuando el tren se encuentra en modo de conducción manual y obviamente requerirá presencia de personal cualificado en cualquiera de los dos puestos de conducción del tren.
- Remota: Será la utilizada cuando el tren se encuentra en modo de conducción automática, no requerirá presencia alguna de personal en tren ya que se realizará a través del canal de comunicaciones bidireccional tren-tierra que en su momento se determine.

#### 2.11.3.2 Puesta en marcha y desconexión local

A continuación se realiza una descripción del proceso de conexión y desconexión local del tren, aunque en la oferta y durante el desarrollo del proyecto el Adjudicatario deberá proponer aquellas modificaciones del proceso que a su criterio o por requerimientos funcionales del sistema puedan introducir mejoras, las cuales deberán estar adecuadamente justificadas.

En cada puesto de conducción existirá un pulsador para ordenar la conexión de la batería de todo el tren, y otro que pueda desconectarla. Si tras conectar batería, en un puesto de conducción se activa la llave de gobierno, desde la otra no se podrá desconectar batería ni continuar conectando o desconectando equipos de tren.

El pulsador con el que se solicita la desconexión de baterías deberá integrar protección mecánica con objeto de evitar su activación no deseada. Las maniobras de conexión y desconexión de baterías deben ser seguras y quedar garantizadas ante errores del sistema informático o de las comunicaciones.

Desde que se conecta la batería de todo el tren hasta que el sistema informático queda preparado para ejecutar las órdenes de puesta en marcha, transcurrirá un tiempo máximo de un minuto, con objeto de no penalizar la disponibilidad del tren ante la posible necesidad de reiniciarlo en servicio.

Una vez quede conectada la batería de todo el tren y en la pantalla correspondiente del puesto de conducción se indique de forma automática que el sistema se encuentra preparado para aceptar y ejecutar órdenes de puesta en marcha, existirán dos formas diferentes de poner en servicio todos los equipos:

- Puesta en Marcha Manual (PMM).
- Puesta en Marcha Automática (PMA).

El proceso contrario, desconectar los equipos del tren, también podrá realizarse de dos formas diferentes:

- Desconexión Manual (DM).
- Desconexión Automática (DA).

Desde cualquier puesto de conducción, sin llave de gobierno conectada en tren, o sólo desde el que permanezca conectada, se podrá lanzar cualquiera de las órdenes PMM, PMA, DM y DA mediante el accionamiento del pulsador correspondiente. Si la orden lanzada es una PMA el sistema realizará, por lo menos, las siguientes operaciones:

- a) Subir los pantógrafos de todo el tren.
- b) Conectar los grupos convertidores de todo el tren.
- c) Conectar los compresores de todo el tren.
- d) Encender el alumbrado de servicio del compartimento de pasajeros.
- e) Conectar los equipos de aire acondicionado de todo el tren.
- f) Conexión de cualquier otro equipo que el Adjudicatario considere conveniente incluir en la PMA.

La PMA seguirá la siguiente secuencia de conexión de equipos: compresor auxiliar, pantógrafo, convertidor, compresor, aire acondicionado, alumbrado, otros a definir.

El convertidor y el compresor principal precisarán confirmación de conexión del equipo que les antecede, y en caso contrario se detendrá la secuencia.

La DA desconectará los equipos siguiendo la secuencia: alumbrado, aire acondicionado, compresor principal, convertidor y pantógrafo.

El convertidor y el pantógrafo precisarán confirmación de desconexión del equipo que los antecede.

Todas estas operaciones también podrán realizarse manualmente, equipo por equipo, utilizando su propio pulsador de PMM.

El sistema ofrecerá siempre de forma simultánea: la posibilidad de utilizar cualquiera de los dos tipos de puesta en marcha (PMA y PMM) o la de utilizar cualquiera de los dos tipos de desconexión (DA y DM). En general se podrá solicitar al sistema, de forma aleatoria y sin necesidad de guardar pauta temporal alguna, cualquier opción de las cuatro mencionadas en este párrafo, sin que ello suponga problema alguno para que el mismo responda de forma instantánea a la última orden solicitada. En caso que se procediera a la PMM y no se activaran los compresores, el tren daría un aviso a través del interface con el conductor, para alertar y evitar salir a servicio comercial, sin generación de aire.

Los pulsadores de conexión y desconexión manual y automática deben encontrarse físicamente en posiciones contiguas. La disposición, simbología y entorno de estos pulsadores debe contribuir a su fácil localización y comprensión de uso.

Cuando desaparezca la tensión de catenaria se deberá detener de forma automática el funcionamiento de los equipos conectados a la alta tensión. Tras la recuperación de la AT se lanzará automáticamente una orden de re arranque de dichos equipos.

Con objeto de proteger la batería, el equipo que gestione la PMA / DA realizará una desconexión automática del tren (incluyendo batería), cuando no exista ninguna llave de gobierno conectada o mando remoto activo y la batería haya permanecido a la descarga de forma continuada más de 15 minutos (configurable por FMB). Este tiempo podrá ser modificado por personal de mantenimiento. Debe evitarse que esta protección de baterías se active en situaciones no deseadas en las que se pudieran ocasionar trastornos en la funcionalidad nominal o degradada de un tren en servicio. El Adjudicatario deberá proponer una solución que consensuará con FMB.

Tras el lanzamiento de una orden de PMA, DA, PMM o DM el conductor debe recibir de forma automática información visual, sobre el estado de los equipos durante el proceso, de tal forma que pueda realizar un seguimiento completo del mismo. Las posibles incidencias se indicarán en la pantalla del puesto de conducción correspondiente mediante Estados Operacionales Incorrectos e indicaciones específicas, adjuntando guía de actuación si fuese necesario.



En general, el sistema de puesta en marcha y desconexión del tren deberá ser ágil, sencillo, intuitivo y robusto, por lo que será de gran importancia la cantidad y calidad de la información que en tiempo real reporte el sistema sobre el estado del proceso.

#### 2.11.3.3 Puesta en marcha y desconexión remota

Los procesos de puesta en marcha y de desconexión remota deberán poder realizarse sin presencia de agente en el tren mediante órdenes lanzadas desde el CCM a través del canal de comunicaciones bidireccional tren-tierra que en su momento se determine. El sistema de tren suministrará la información sobre las posibles incidencias que puedan darse durante el proceso así como del estado final del tren (Fuera de servicio, Modo degradado con reducción de prestaciones, Incidencia que no afecta al servicio o Correcto). Dicha información será enviada al CCM y a la Cochera en tiempo real.

El Adjudicatario propondrá, describirá y justificará el sistema a emplear, que deberá ser consensuado con FMB.

## **2.12 AIRE ACONDICIONADO, CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN (L)**

La sala de pasaje deberá ir equipada con un sistema de aire acondicionado y la cabina de conducción con un sistema de climatización. Éstos estarán separados y serán independientes.

El Ofertante deberá especificar en fase de oferta el tiempo necesario para alcanzar la temperatura de consigna, y así aclimatar el tren antes del servicio comercial.

Se dispondrá de trampillas accionadas automáticamente que permitan abrir o cerrar el paso de aire exterior. El sistema dispondrá de detectores de humo en la entrada de aire exterior que comunicará con el sistema de detección de incendios y actuar sobre trampillas de entrada de aire. El tipo de accionamiento será aprobado por FMB durante la fase de proyecto.

En caso de montar conductos de aire en el equipo, estos serán de fácil limpieza, con superficies internas lisas, asimismo, debe preverse un buen acceso y fácil desmontaje para su limpieza en el exterior del coche.

Para sus revisiones y/o reparaciones, cada uno de los equipos se deberá poder desmontar independientemente por el techo, de la forma más sencilla y segura posible.

Todas las operaciones de mantenimiento se deberán poder realizar con equipo montado. Los filtros se cambiarán con una frecuencia igual o superior a sesenta (60) días garantizando las correctas prestaciones del equipo.

En la oferta se detallarán las prestaciones y características de los equipos, teniendo en cuenta que la instalación eléctrica será totalmente independiente de la del resto de la unidad.

### **2.12.1 Equipo de aire acondicionada de sala de viajeros**

El sistema debe poder regular de forma automática la temperatura del interior de cada coche por separado en función del volumen de pasaje que lo ocupa, así como permitir configurar de forma manual y preestablecida una temperatura de consigna diferenciada para cada coche por separado.

El sistema estará formado por un sistema compacto por coche situado en el techo diseñado de tal manera que internamente forme dos (2) circuitos independientes. En caso de avería de uno de ellos, el otro equipo seguirá funcionando manteniendo prestaciones.

Los compresores serán herméticos y no requerirán de ningún tipo de mantenimiento. Dispondrán de una mirilla, para comprobar el nivel de aceite, fácilmente visible.

El circuito frigorífico dispondrá de un sensor de humedad y mirilla de burbujeo fácilmente visibles para su inspección visual desde el interior de la sala de pasaje.

Los elementos que forman parte del equipo frigorífico podrán ser remplazados sin necesidad de extraer el gas refrigerante y en un tiempo máximo de 1 hora (válvulas solenoide, válvula de expansión, filtro deshidratador,...).

Cada equipo dispondrá de su propio circuito de refrigeración con depósito de gas refrigerante para evitar así malfuncionamientos debido a microfugas producidas en el equipo. El dimensionado del depósito será validado en la fase de proyecto.

La estructura y sus bandejas de recogida de aguas serán de acero inoxidable con bajantes directos e independientes para cada bandeja de recogida con un punto de acceso para limpieza con aire a presión.

El equipo deberá funcionar con gas R-134A. En fase de proyecto el Adjudicatario propondrá una alternativa al gas R-134A más respetuoso con el medio ambiente.

La potencia de los equipos será la necesaria para poder aclimatar el interior de los vehículos con las condiciones climáticas de túnel y exterior de FMB. Los cálculos para los equipos se someterán a la aprobación de FMB. En fase de oferta se presentarán los valores de consumo eléctrico del equipo en condiciones extremas.

El sistema de sala de viajeros deberá cumplir con lo especificado en la norma EN 14750-1 en clasificación de vehículos de Categoría B.

#### **2.12.2 Equipo de climatización de cabina**

El puesto de conducción, definido desde el punto de vista de confort ambiental como de categoría A según norma EN 14813-1, dispondrá de:

- Sistema de climatización para mantener una temperatura adecuada en el interior tanto en los meses de invierno como en los de verano, teniendo en cuenta que existen tramos de circulación del tren a la intemperie.
- El sistema de climatización será independiente del coche de pasaje. Podrá regularse el flujo de aire y la calefacción a voluntad del conductor dentro del rango de confortabilidad establecido en RD486/97. La temperatura de los locales del habitáculo de conducción, por ser un lugar donde se realizan trabajos sedentarios y estará comprendida entre 17 y 27 °C.
- Se garantizara una humedad relativa entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Las corrientes de aire acondicionado, producidas por las salidas de aire en el tren, su límite será de 0,25 m/s.
- La diferencia de temperatura entre la parte superior e inferior de la cabina no debe ser superior a 3°C (medido a partir de 10 cm a nivel del suelo y 10 cm por debajo del nivel del techo).
- Para reforzar la calefacción se dispondrá de calentadores a nivel del piso.

- Existirá un sistema de renovación de aire para los casos en que por ausencia de tensión de catenaria o por avería no funcione la climatización.
- El sistema de control del equipo de cabina será fácilmente accesible.
- Se garantizará un mínimo de renovaciones de aire de 30 metros cúbicos de aire limpio por hora y trabajador.

### 2.12.3 Mando y control del sistema

El sistema de mando y control gestionará el normal funcionamiento en servicio del equipo de aire acondicionado, estableciendo una lógica de control que no permita el arranque simultáneo de cargas conectadas en paralelo que pudieran generar sobrecarga en los convertidores estáticos.

Cada equipo de aire acondicionado incorporará un panel de control en un lugar accesible para los técnicos de la línea en horario de servicio. Se especificará su ubicación durante el proyecto, y se someterá a la aprobación de FMB.

Debe existir comunicación entre cada uno de los equipos de control del aire acondicionado y el sistema informático del tren a través del bus del mismo, con objeto de poder consultar los datos e incidencias en la pantalla del puesto de conducción, y de forma remota en CCM y Cochera en los coches de conducción automática sin motorista.

El aire acondicionado dispondrá de 5 niveles de funcionamiento (Desconexión, Ventilación, Alto, Medio y Bajo) que forzará al equipo de aire acondicionado a trabajar en las condiciones asociadas a cada posición:

**Desconexión:** El equipo de aire acondicionado permanece parado.

**Ventilación:** Sólo se mantienen las funciones de ventilación y renovación de aire, quedando desactivada la parte de frío.

**Frío Alto:** El equipo de aire acondicionado pasa a trabajar con la consigna de temperatura baja preestablecida.

**Frío Medio:** El equipo de aire acondicionado pasa a trabajar con la consigna de temperatura media preestablecida.

**Frío Bajo:** El equipo de aire acondicionado pasa a trabajar con la consigna de temperatura más alta preestablecida.

El mando de puesta en marcha, desconexión y niveles de funcionamiento de los equipos lo realizará el Sistema Informático del tren. A través de la pantalla del equipo informático embarcado del tren se podrán lanzar las órdenes de puesta en marcha o desconexión en sus diferentes modalidades (manual o automática).

Se podrá variar las consignas de temperatura desde el puesto de conducción o de forma remota desde el CCM, a través del canal de comunicaciones que se defina en fase de proyecto. El cambio de estos parámetros sólo podrá efectuarlo personal autorizado.

La consigna de temperatura del interior del coche será programable de forma independiente por coche y por cabina.

El Adjudicatario deberá efectuar un estudio justificativo de la posibilidad de mantener la generación de aire acondicionado cuando un convertidor estático está fuera de servicio. A tal efecto, el sistema informático reconfigurará los equipos de aire acondicionado alimentados por el convertidor estático operativo, con objeto de redistribuir la generación de frío a lo largo del tren de forma uniforme y garantizando que no se genere hielo en las unidades evaporadoras.

El equipo deberá publicar las variables necesarias tanto para el mantenimiento como para la resolución de incidencias en la red informática del tren. Dichas variables serán definidas junto con FMB en fase de proyecto.

El equipo deberá registrar las temperaturas, humedades relativas, presiones y consumos (compresor y ventiladores evaporadoras) en la sala de pasaje, cabina de conducción y exterior. Dicha información deberá ser accesible a través del equipo embarcado de tren pudiéndose enviar al CCM dicha información a través del sistema de comunicación que se determine durante el proyecto.

El equipo dispondrá de auto chequeo y en caso de anomalía se enviará un mensaje de fallo al sistema informático del tren. Dicho fallo deberá de informarse en el puesto de conducción y al CCM a través del canal de comunicaciones que se determine durante el proyecto, identificando el elemento o causa de funcionamiento anómalo en el equipo de climatización.

El control del aire acondicionado dispondrá de un registro histórico de incidencias y averías en una memoria no volátil de llenado cíclico. Los registros estarán datados en tiempo real y estarán acompañados del contexto de señales necesario en cada caso para poder interpretar el origen de la incidencia al recuperar los registros.

El equipo deberá ir provisto de un software de mantenimiento, la información será tratada mediante conexión a PC portátil o bien a través del equipo embarcado de tren pudiéndose enviar al CCM dicha información a través del sistema de comunicación que se determine durante el proyecto. Dicho software permitirá realizar las siguientes operaciones:

- Ayuda al mantenimiento del sistema.
- Extracción e interpretación de registros históricos de incidencias y averías.
- Rutinas de mantenimiento que permitan validar el correcto funcionamiento del equipo.
- Obtención de información del sistema en tiempo real.
- Y otras que pudieran considerarse oportunas durante el proyecto.

Todo el software necesario para llevar a cabo estas operaciones estará integrado en una sola aplicación y será suministrado a FMB por el Adjudicatario, junto con la documentación y formación necesaria para su correcta utilización. Las funcionalidades de la aplicación deberán de ser validadas por FMB.

#### **2.12.4 Ventilación de emergencia**

El sistema de ventilación de emergencia estará formado por un equipo de ventiladores-extractores, alimentados por un inversor a través de la batería.

El sistema de ventilación de emergencia estará alimentado por onduladores que trabajarán a partir de la tensión de batería, la cual deberá garantizar su funcionamiento como mínimo durante 60 minutos cuando falte alta tensión. El cálculo de las renovaciones de aire será sometido a la aprobación de FMB.

La ventilación de emergencia será independiente en cada coche y permanecerá en servicio siempre que exista llave de gobierno conectada (mando manual) o el sistema de conducción automática haya tomado el mando del tren y no esté funcionando el equipo de aire acondicionado. Se deberá contemplar una temporización de la conexión de la ventilación de emergencia, con objeto de evitar solapes con el aire acondicionado en las transiciones de arranque y paros de corta duración del mismo. El Adjudicatario deberá justificar esta temporización.

Se deberán contemplar los modos degradados del sistema informático para determinar los casos en los que debe entrar la ventilación de emergencia.

En el caso de que la ventilación de emergencia falle, el conductor debe informarse mediante la pantalla del equipo de monitorización (en conducción manual).

## 2.13 SISTEMAS DE COMUNICACIONES E INFORMACIÓN AL VIAJERO (M)

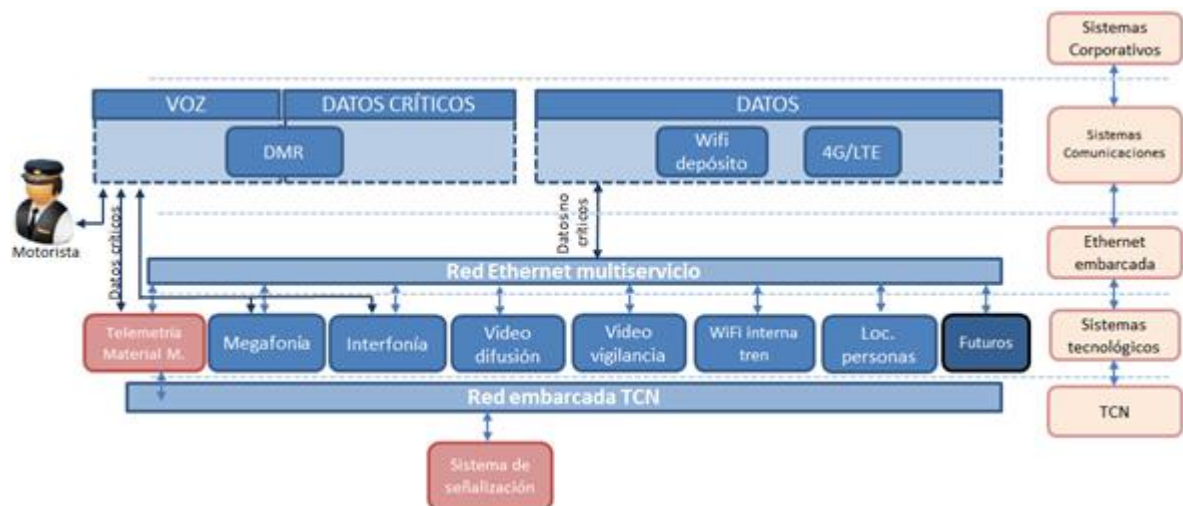
### 2.13.1 Sistemas de comunicaciones tren-tierra

Existirán comunicaciones de voz y/o datos entre Motorista – Centro de Control, Motorista – Pasaje y Pasaje – Centro de Control. Serán full-dúplex y half-duplex.

Existirán dos canales de comunicación comunes para todos los sistemas bien sean:

- Comunicaciones de voz. Para los sistemas de megafonía, interfonía y para las comunicaciones con el motorista.
- Comunicaciones de datos (incluyendo vídeo codificado). Para los sistemas de video vigilancia, video difusión y telemetría.

Los equipos que gestionan las comunicaciones tren-tierra podrán ser gestionados remotamente desde los Centros de Control para permitir su supervisión, monitorización, configuración y actualización del software/firmware desde un Repositorio Central (RC).



*Esquema de las diferentes relaciones entre sistemas*

### 2.13.2 Nodo de Comunicaciones

FMB facilitará al Adjudicatario los nodos de comunicaciones a instalar. El Adjudicatario será responsable del diseño de implantación de dichos equipos en el tren e instalación aportando el material necesario para ello, además, el Adjudicatario participará en las pruebas de integración y validación del sistema.

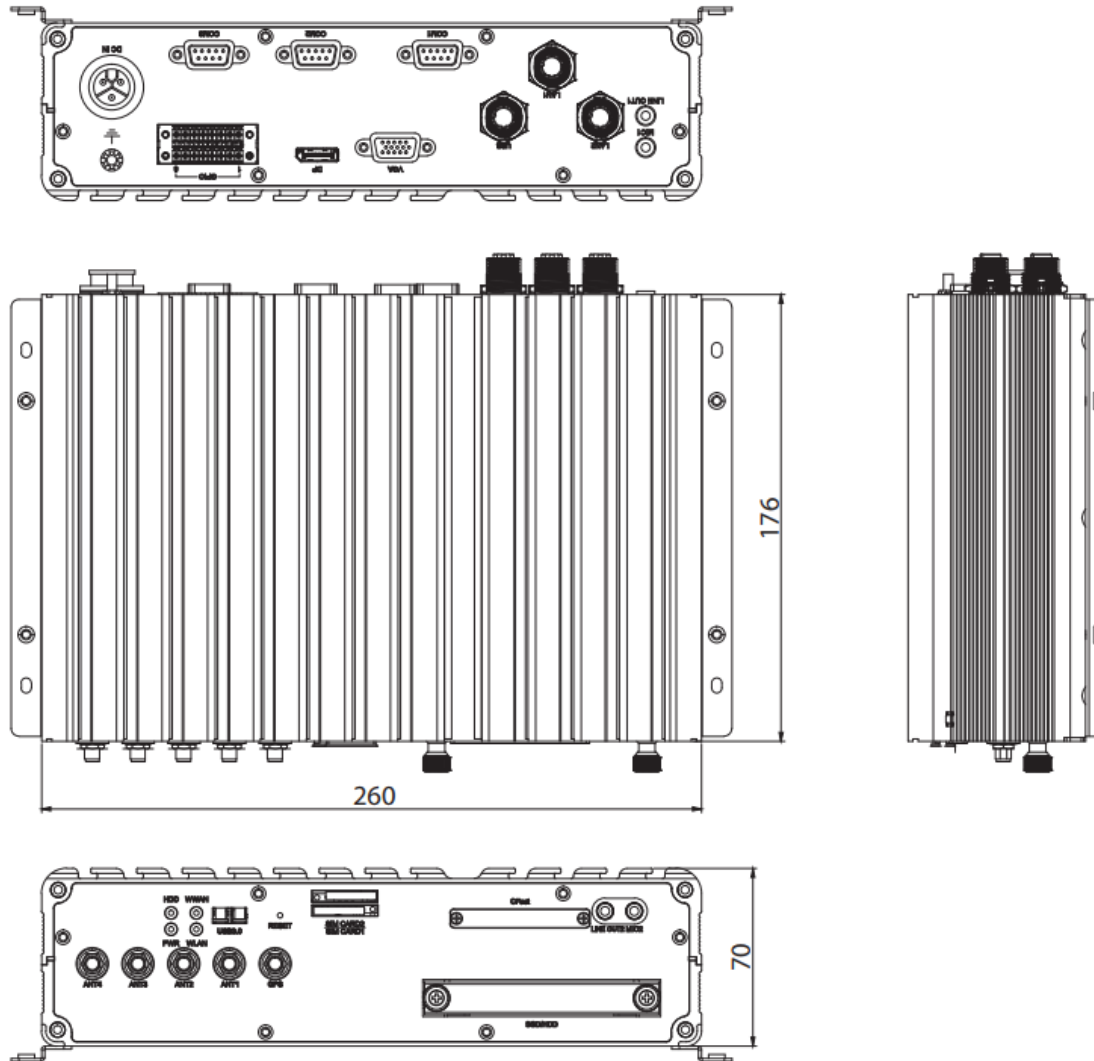
El nodo de comunicación será el encargado de concentrar la información embarcada y ponerla a disposición de tierra a través de los canales de comunicaciones inalámbricos más apropiados en función de la ubicación del tren y las coberturas disponibles. También se dotará a los Centros de Control de acceso remoto a los distintos elementos conectados a la red embarcada.

El equipo suministrado por FMB que asumirá el rol de nodo de comunicaciones será el VTC 6210-R del fabricante NEXCOM junto a un convertidor CC/CC Premium CTS-60-6845 Ferroviario para cada nodo.

Las funciones del Adjudicatario, entre otras, será la de proporcionar todos los componentes necesarios (rack, cableado...) para la configuración e instalación del nodo, del cableado entre los dos nodos de comunicaciones, del cableado al switch, de la alimentación de todos los equipos, etc.

Es un PC industrial homologado para entornos ferroviarios conforme a la EN50155, con procesador Intel Atom, con 4GB de memoria RAM cuyas dimensiones son las siguientes:

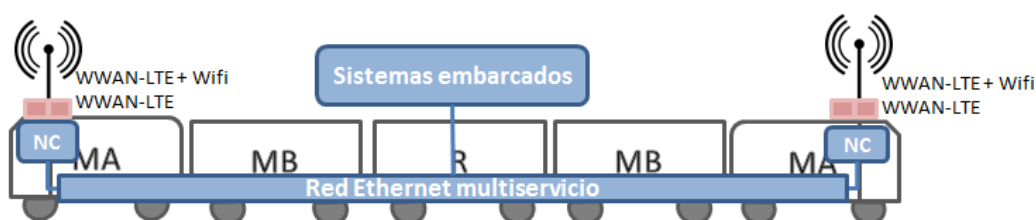




### Plano de dimensiones Nodo de comunicaciones VTC 6210-R

El Adjudicatario deberá adaptar el nodo de comunicaciones a la tensión del tren.

FMB proporcionará dos nodos de comunicaciones por tren, cada uno de ellos constará de dos módems LTE/4G y un módulo WiFi ya integrados. Serán los elementos encargados de concentrar la información embarcada de los diferentes sistemas embarcados (u otros sistemas futuros a instalar en el tren). Pondrán la información en tierra a través de los canales de comunicaciones inalámbricos más apropiados en función de la ubicación del tren y las coberturas disponibles. También dotarán a los centros de control de acceso remoto a los distintos elementos conectados a la red embarcada. Dispondrá de conectividad WiFi y 3G/4G/LTE.



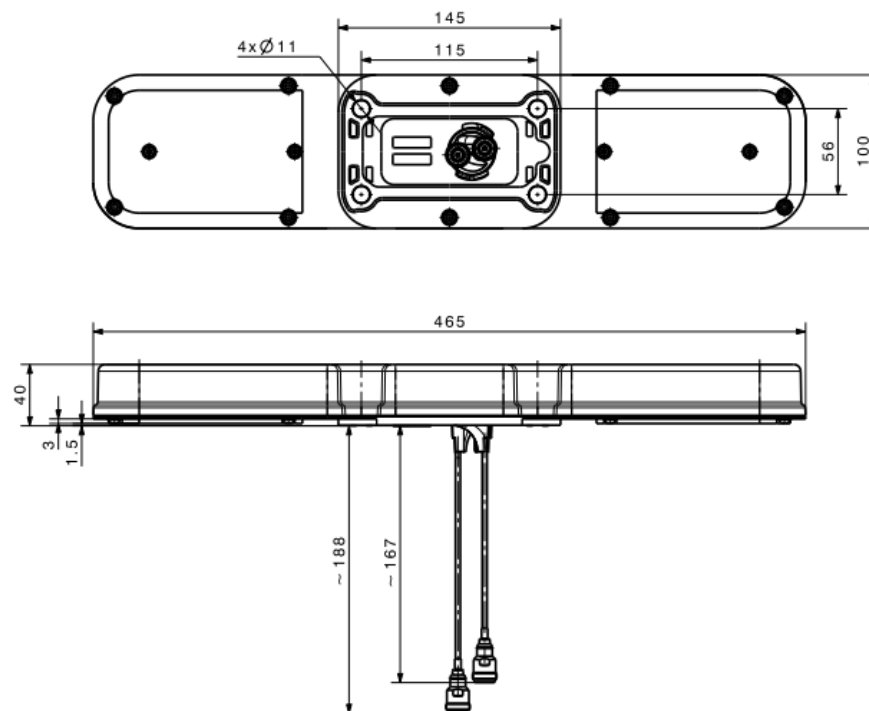
### Solución tecnológica para el nodo de comunicaciones

### 2.13.2.1 Antenas exteriores

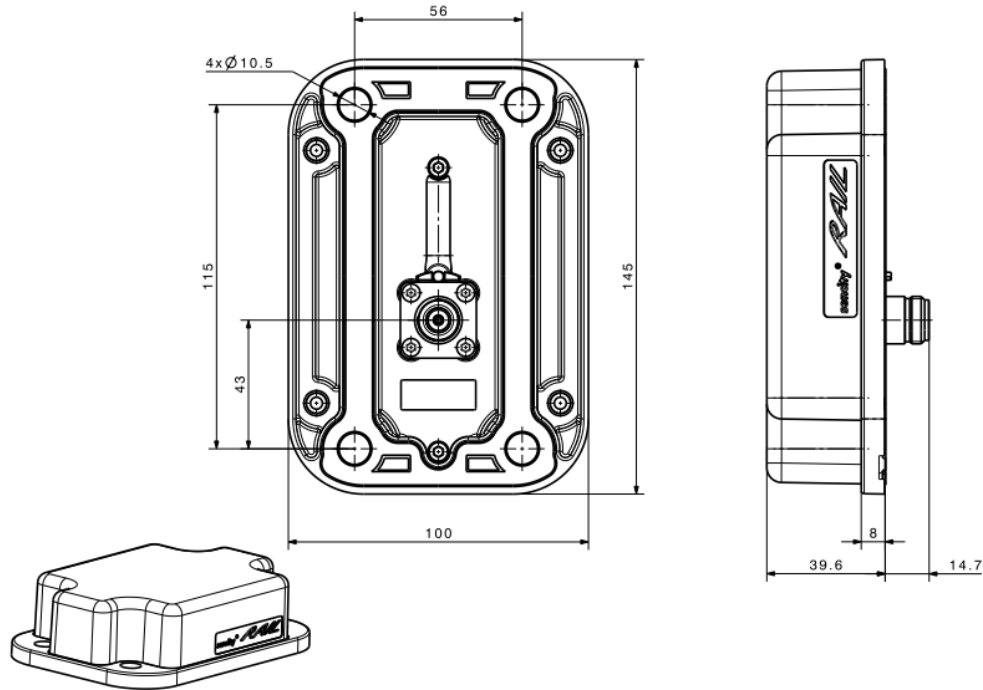
FMB facilitará al Adjudicatario dos antenas por cada nodo de comunicaciones a instalar. El Adjudicatario será el responsable del diseño de implantación de dichos equipos en el tren e instalación aportando el material necesario para ello, además, participará en las pruebas de integración y validación del sistema.

FMB proporcionará al Adjudicatario una Antena dual WWAN-LTE + Wifi 802.11 2,4 y 5 GHz, Huber+Suhner Sencity Rail MIMO Antenna 1399.17.0135 y una Antena WWAN-LTE, Huber+Suhner Sencity Rail Antenna 1399.17.0125 por nodo de comunicaciones.

El Adjudicatario será el encargado de proporcionar el cableado que va del switch a la antena, éste cableado deberá cumplir las especificaciones del fabricante de la antena.



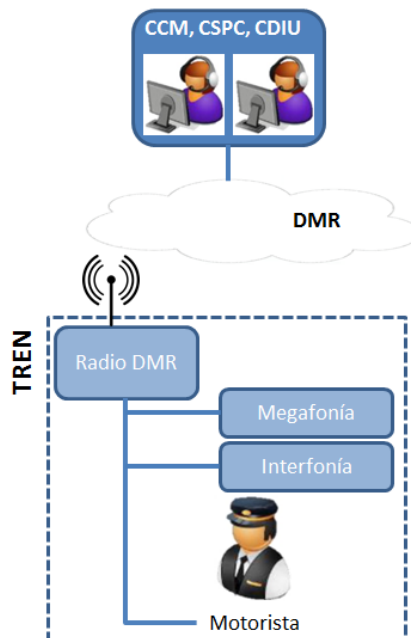
Plano de dimensiones Huber + Suhner Antena Sencity Rail MIMO 1399.17.0135



Plano de dimensiones Antena Sency Rail MIMO 1399.17.0125

### 2.13.3 Sistema de Radio DMR

La operativa para la comunicación radio tren-tierra, se muestra en el esquema general cuyos detalles se especifican en las tablas posteriores:



Modelo operativo para el sistema de radio embarcada

El motorista podrá iniciar y recibir conversaciones hacia/desde el CCM.

El sistema permitirá realizar comunicaciones de grupo y comunicaciones individuales.

En caso de compartir el sistema de radiocomunicaciones con otros sistemas (megafonía, interfonía), su operación debe utilizar canales que en ningún caso afectarán las comunicaciones del motorista.

En caso de utilizar el sistema de radiotelefonía para transmitir datos, su operación no debe interrumpir las comunicaciones del motorista.

Se dispondrá de dos equipos por redundancia y criticidad, uno en cada cabecera del tren. En caso de caída de un equipo, el motorista podrá comunicar por el otro equipo, con independencia de la cabina en la que se encuentre.

Debe poder realizarse la carga local de actualizaciones de software y firmware de los equipos de forma local mediante una conexión física con el PC y software correspondientes.

Se podrá realizar la gestión unificada desde un único puesto de gestión de radiocomunicaciones, tanto para líneas convencionales como automáticas.

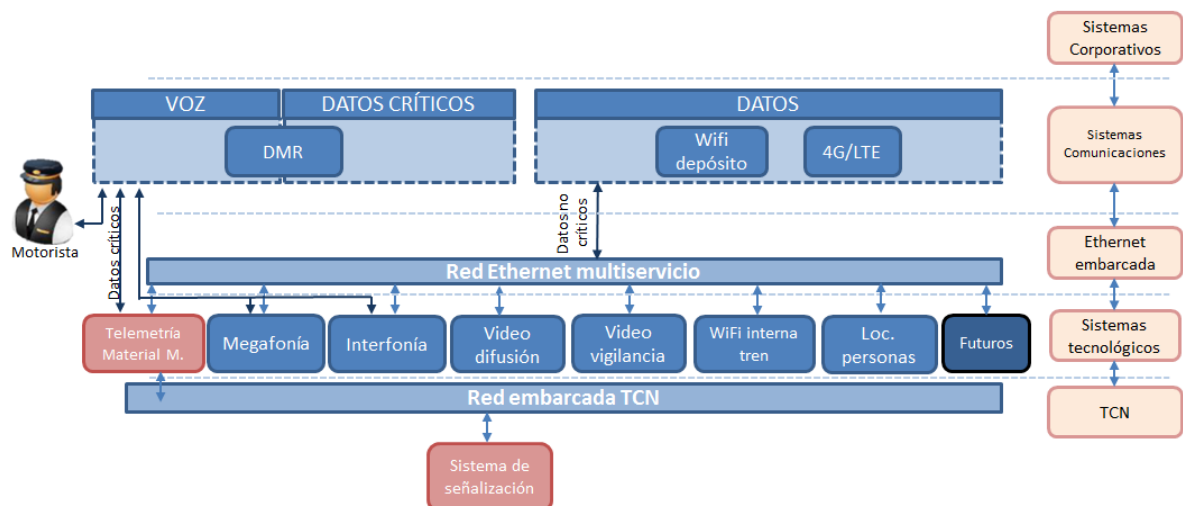
Se deben almacenar en el Centro de Control todas las conversaciones de Radiotelefonía. Estas grabaciones deben ser fácilmente exportables.

El sistema de radio debe poder reportar su estado y alarmas a un sistema global embarcado de monitorización de alarmas.

El sistema de radio debe reportar su estado y alarmas a un panel de control en la cabina del motorista.

Cada cabecera del tren dispondrá un rack de radio DMR y de un pupitre radio para el motorista. Se dispondrá de una conexión redundante entre racks, para que en caso de fallo de un rack, commute automáticamente al otro rack.

El siguiente esquema de comunicaciones presenta un ejemplo de la interconexión necesaria de los equipos utilizados para comunicaciones.



### *Ejemplo de solución tecnológica para el sistema de radio embarcada*

#### 2.13.3.1 Rack de Radio DMR

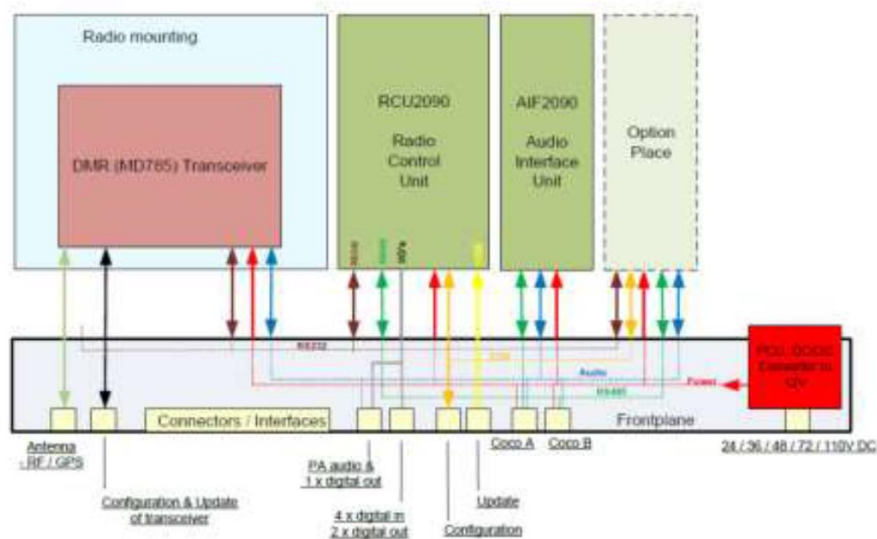
El rack de radio DMR de los trenes será el equipo embarcado ferroviario del fabricante Hytera/Ervocom. Cada cabina deberá estar dotada con un rack Radio DMR.

El transceptor radio será el modelo Hytera MD785G, integrado en el rack de radio ferroviario modelo Ervocom TRS2090.

El TRS2090 estará construido según las recomendaciones de la IEC 60297 y estará planteado como un sistema para trenes con dos cabinas de conductor. Cada TRS2090 estará equipado con 2 elementos:

- ZSE2130 La unidad central de control
- La caja redundante de conmutación TRS (que cambia, en caso de fallo, automáticamente de un ZSE al otro)

El diagrama de bloques del ZSE2130 será el siguiente:

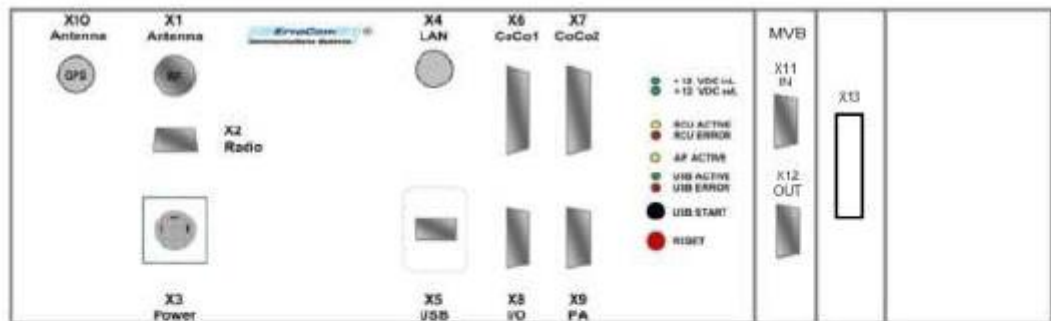


*Diagrama de bloques del ZSE2130*

A continuación se muestran las dimensiones y los conectores del TRS2090, que tendrán la siguiente configuración:



Dimensiones del TRS2090



Connector	Description
X1	N female
X2	USB-B
X3	D-SUB 3W3/SPS
X3	DIN43650 male
X4	M12-D
X5	USB
X6	D-SUB 25/I
X7	D-SUB 25/I
X8	D-SUB 15/I
X9	D-SUB 15/I
X10	TNC female
X11	D-SUB 9 female
X12	D-SUB 9 male
X13	Undefined

Conectores del ZSE2130

Las características técnicas del sistema de radio digital DMR a instalar en los convoyes serán las siguientes:

- Convertidor de 72V (integrado en el rack de radio)
- Redundancia de radio cabeza-cola
- Con conexión a bus tren MVB
- Interconexión con Megafonía
- Interconexión con Interfonía

- Conexión Red Troncal Embarcada

La tensión en cabina para la conexión del rack radio será de 72V.

Dispondrá de la función de radio megafonía. Determinados mensajes que el centro de mando quiera lanzar al pasaje, pasarán directamente del equipo de radio al sistema de megafonía.

Deberá existir una interfaz para las comunicaciones con el equipo de radio de la cabeza opuesta y otra de audio y control con los sistemas megafonía y de interfonía.

Deberá existir una interfaz de comunicación con el ordenador de a bordo a través de la red TCN del tren.

Deberá existir una interfaz Ethernet adaptada al entorno ferroviario (M12) para las comunicaciones que puedan realizarse a través de la red de comunicaciones embarcada Ethernet. Los puertos no utilizados se deberán proteger con conectores 'ciegos'.

#### 2.13.3.2 Pupitre Radio DMR de motorista

Cada cabina deberá estar dotada con un pupitre radio DMR de motorista.

Cada pupitre radio DMR embarcado del motorista incluirá los siguientes elementos:

- Consola de comunicaciones modelo CoCo2167 del fabricante Ervocom con una modificación del diseño para que la pantalla-display y el teclado estén en posición vertical. Esta consola será totalmente compatible con el rack radio DMR (del fabricante Ervocom / Hytera).
- Microauricular telefónico con tecla de transmisión incorporada (PTT) del fabricante Peitel modelo HA11. Las características técnicas del microauricular se muestran a continuación.
- Altavoz modelo SM09D1 del fabricante Hytera. Las características técnicas del altavoz se muestran a continuación.

Las dimensiones de la Consola de comunicaciones CoCo2167 y del Microauricular se muestran a continuación.



## HA11

Handset with  
one button and cradle

Article-No.:  
**2506-035-000-51**



### Product:

#### Characteristics

- Dynamic ear and microphone capsules
- Large push-to-talk button
- Durable PEIGUM® spiral cable
- Cradle with locking mechanism for the handset with release button
- Automatic hook switch mechanism in the cradle
- Connection via screw-down terminal strip

#### Options

- Loudspeaker in the cradle
- Cradle with force release mechanism
- Flame resistant plastic housing
- Amplifier (built into the A10 cradle)
- Electret microphone capsule

#### Application Range

- Radio and PA systems in mobile and fixed applications

#### Accessories

- Cradle loudspeaker 4 Ω
- Cradle loudspeaker 8 Ω

#### Scope of Delivery

- Handset with PEIGUM® spiral cable and cradle

### Technical Data:

#### General

Housing:	Plastic PC-ABS, black
Dimensions with cradle:	Height 85 mm, Width 63 mm, Depth 213 mm
Weight:	380 g (13.4 oz)
Connection:	12 cond. terminal strip in the cradle, 6-wires halogen free PEIGUM® spiral cable, 2 wires shielded, Draw length max. 1.35 m
Operating and display elements:	1 button, orange release buttons, black
Storage temperature:	-30 °C to +70 °C (-13 °F to +158 °F)
Operation temperature:	-20 °C to +60 °C (-4 °F to +140 °F)

#### Microphone

Frequency range:	200 Hz to 6 kHz at -10 dB
Sensitivity (in LRGP):	1 mV/Pa (-60 dBV/Pa ± 3 dB)
Impedance:	200 Ω ± 20 % at 1 kHz
Directivity:	Omnidirectional

#### Earpiece

Frequency range:	300 Hz to 4 kHz at -10 dB
Sensitivity:	26 dBPa/V ± 3 dB (IEC 3.2 Low-Leak coupler)
Impedance:	300 Ω ± 20 % at 1 kHz
Maximum output:	10 mW

*Características técnicas del Microauricular del Pupitre Radio DMR embarcado*



<p>Highlights:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Being mountable on a horizontal or vertical surface.</li> <li>2. The fixing bracket is adjustable.</li> <li>3. The large speaker with high output power provides clear audio even under noisy environment.</li> <li>4. DB26 pin audio port.</li> </ol> <p>Speaker Specifications:</p> <p>Rated Impedance: <math>8\Omega \pm 15\%</math> ( @ 500Hz ) ;</p> <p>Sound Pressure Level: <math>88 \pm 2\text{db}</math> (1w/1m) ( @ 600/700/800/900Hz AVE ) ;</p> <p>Rated Power: 15W Max. Power: 20W;</p> <p>Dimensions: 155.6*92.5*140.2(mm);</p> <p>Weight: about 774g;</p> <p>Operating Temperature: -25°C~65°C</p> <p>Application: for broadcasting.</p> <p>Compatible Radios: MT680, MD780, MD880T</p>
---

*Características del Altavoz de Hytera SM09D1 del Pupitre Radio DMR embarcado*

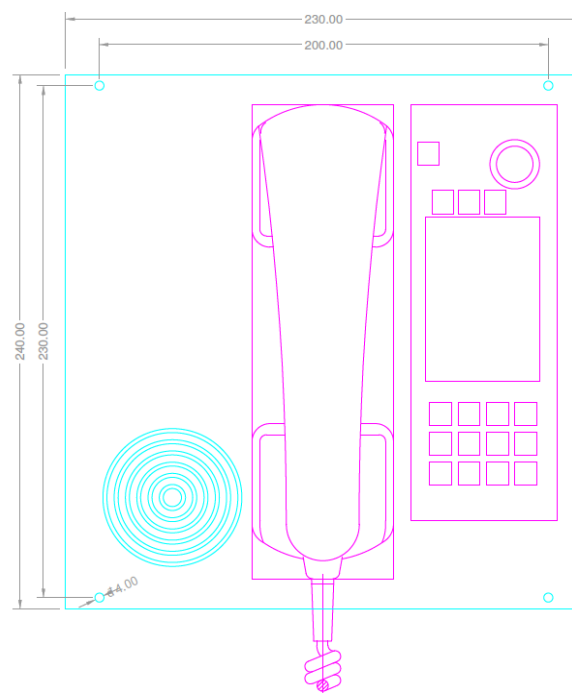


*Dimensiones de los elementos (Consola CoCo2167 y Microauricular) del Pupitre Radio Ervocom / Hytera*

Todo este equipamiento tendrá que estar integrado, conectado y mecanizado en un Pupitre Radio DMR embarcado según se detallará a continuación. En caso de avería, la sustitución deberá ser fácil de realizar.

Todo el conjunto de pupitre radio DMR embarcado tendrá que estar diseñado, fabricado y certificado bajo la normativa EN-50155 para material electrónico embarcado en material ferroviario.

A continuación se muestran las dimensiones y disposición de los elementos que tiene que incluir el Pupitre Radio DMR embarcado:



*Modelo de pupitre radio DMR embarcado con el conjunto de elementos integrados*

La comunicación radio con el Centro de Control, podrá establecerse desde cualquiera de las cabinas de conducción de forma que no sea audible por el pasaje. En el momento de recibir la llamada, el motorista descolgará el microauricular y se establecerá la comunicación a través del mismo desconectándose el altavoz.

### 2.13.3.3 Antena Radio del tren

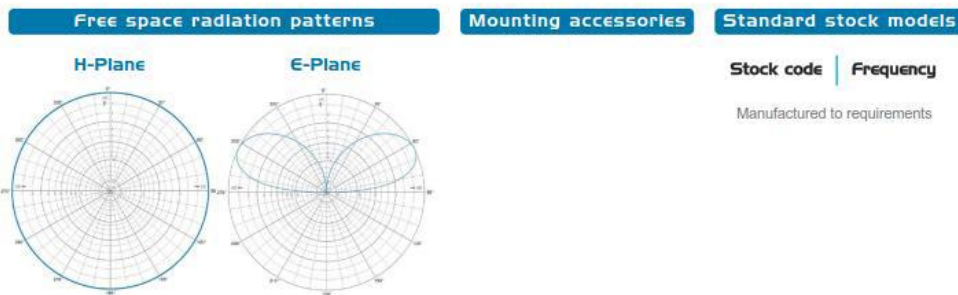
Cada cabina deberá disponer de una antena radio instalada en el exterior, que se conectará al rack radio de cada una de las cabinas.

Las antenas radio exteriores podrán ser:

- Modelo VHF 403-2 del fabricante Skymast, con las siguientes características:



Frequency range	138-220MHz (3-4MHz Tx bandwidth)
Input impedance	50Ω
VSWR	<2.0:1
Maximum input power	50 Watts
Polarisation	Vertical
Gain	1dBi
Grounding	Direct grounded
Ground plane required	Typical 1.2m x 1.2m
Connection	Cables / connector to requirements
Dimensions	673 x 144 x 62mm
Mounting holes	2 x 25mm holes, 517mm centres
Weight	1.5kg approx
Housing material	ABS
Other materials	Aluminium, PTFE, Brass, Nylon
Colour	Traffic White RAL9016
Operating temperature range	-30°C to +70°C
Storage temperature range	-50°C to +70°C
Relative humidity	5% to 95%RH
Water resistance	To IP67 (external, when installed)



Características de la Antena VHF 403-2 del fabricante Skymast

- Modelo BP-0270 del fabricante Lambda Antenas, con las siguientes características:

Descripción / Description	
<p>La antena BP-0270 es una antenaThe antenna BP-0270 is a multiband low profile antenna for ferroviaria multibanda de bajo perfil para usar en outdoor mobile applications on trains. Its frequency range is aplicaciones móviles de exterior. Cubre el rango de from 145 to 174 MHz and from 380 to 470 MHz. All antenna frecuencias de 145 a 174 MHz y de 380 a 470 MHz. parts are DC grounded. The antenna complies with EN Toda la 50155:2007 about electronic devices onboard trains, NF F antena está conectada a tierra. La antena cumple16-101:1998 and NF F 16-102 about fire/smoke tests. The la norma EN 50155:2007 de equipos antenna also has an IP65 protection. The radome is made electrónicos sobre ferrocarriles, NF F 16-101:1998 y NF of molded fiber glass and it is assembled over a very F 16-102 de ensayos de fuego/humo. Además tiene robust molded aluminium base. The antenna is painted with una protección IP65. La radoma está realizada en RAL-7035 colour, but it is possible to order in other colours. fibra de vidrio moldeada y se monta sobre una base metálica muy robusta de aluminio moldeado. La antena está pintada en RAL-7035, pero existe en otros colores bajo pedido.</p>	
Especificaciones Eléctricas / Electrical Specifications	
Frecuencia / Frequency	145 – 174 / 380 – 470 MHz
Impedancia / Impedance	50 Ω
Potencia máxima / Maximum power	50 W
R.O.E. / V.S.W.R	< 1,5
Ganancia / Gain	< 0 dBi
Montaje / Mounting	5 drill holes
Especificaciones Mecánicas / Mechanical Specifications	
Rango de temperatura / Temperature range	-30 ~ +60 °C
Conectores / Connectors	N female
Dimensiones / Dimensions	145 x 80 x 175 mm
Peso / Weight	500 g

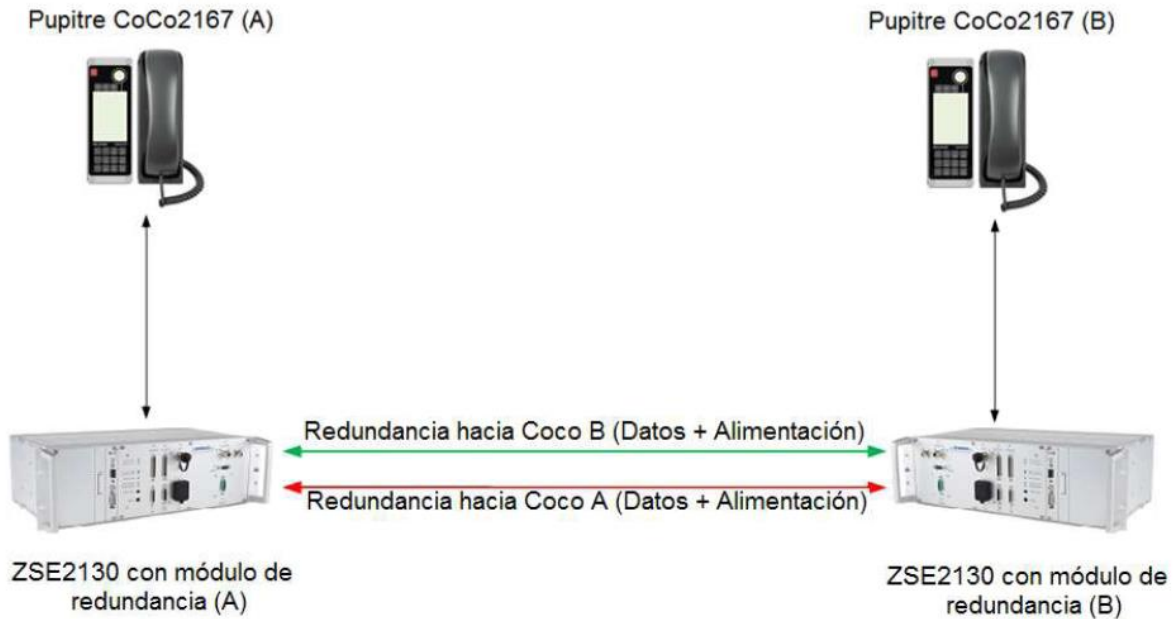


*Características de la BP-0270 del fabricante Lambda Antenas*

El rango de frecuencias en el que funcione la antena será el que se indica en las características de la antena, incluyendo el rango de frecuencias del sistema Radio DMR de Metro que está en el rango de frecuencias de 170 MHz.

#### 2.13.3.4 Cableado necesario para la conexión del sistema Radio DMR

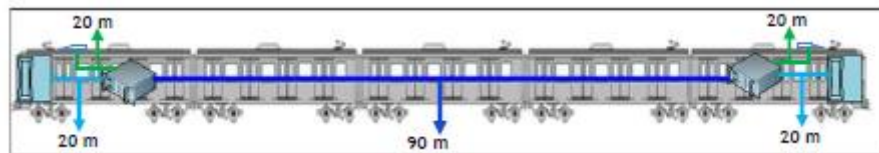
La arquitectura de interconexión entre los equipos con redundancia del sistema radio DMR del tren se muestra a continuación:



*Interconexión entre equipos con redundancia del sistema de radio DMR*

El adjudicatario deberá instalar todos los cableados necesarios en el tren para la conexión de todos los equipos del sistema radio DMR que, como mínimo, serán los siguientes. Los cableados incluirán los conectores finales de los cables para su posterior conexión a los equipos radio:

El esquema del cableado de los trenes para el sistema de radio será el siguiente:



*Esquema de cableado de los trenes para el sistema de radio*

El cableado necesario para interconectar el equipamiento se detalla a continuación:

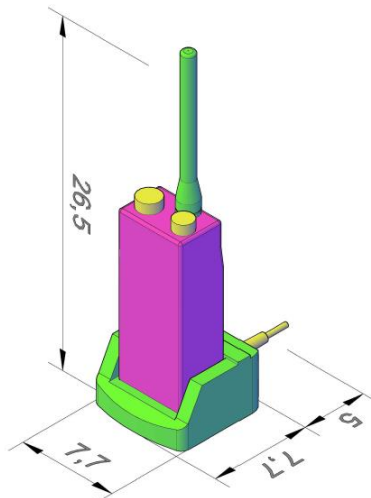
- Para las interconexiones entre el Pupitre de radio CoCo y el rack radio TRS serán necesarios unos 20 metros de cable par trenzado apantallado de 5 x 2 x 0.5 mm<sup>2</sup>, en cada una de las cabinas. En caso de que la distancia sea de 10 metros, el cable será par trenzado apantallado de 4 x 2 x 0.5 mm<sup>2</sup>.
- Para la interconexión entre los racks radio TRS del tren serán necesarios unos 100 metros de cable par trenzado apantallado de 3 x 2 x 0.5 mm<sup>2</sup> y unos 100 metros de cable de 4x2.5mm<sup>2</sup> para alimentación.
- Para la interconexión entre el rack radio TRS y la antena radio exterior serán necesarios unos 20 metros de cable RG214, en cada una de las cabinas.

- Adicionalmente a las interconexiones entre equipos del sistema radio DMR, se deberá instalar el cableado necesario para la conexión del sistema de radio para las siguientes conexiones con otros sistemas del tren:
  - Red TCN en cada cabina contra rack.
  - Interconexiones Audio con Megafonía.
  - Interconexiones Audio con Interfonía.
  - Conexión Ethernet.

Las distancias que se indican son aproximadas y se deberán adaptar a las que sean necesarias, en función de las distancias finales del nuevo tren y las ubicaciones de los equipos del sistema radio DMR en el tren. FMB deberá validar las características del cableado, previamente al acopio del cableado, por parte del adjudicatario.

#### 2.13.3.5 Cargadores de terminal portátil DMR (walkie) en cada cabina

En cada una de las cabinas del tren se deberá instalar un cargador para el terminal portátil DMR (walkie) del motorista. El modelo del walkie es el PD785G del fabricante Hytera, y el modelo del cargador tiene el código de producto CH10A07 (cargador rápido para baterías Litio-ION) (con transformador input 100-240Vac, y output 12 Vdc/ 1A) del fabricante Hytera.



*Cotas de altura, anchura y profundidad del cargador con el walkie*

#### 2.13.3.6 Alcance del sistema Radio DMR a poner en servicio

SERÁ ALCANCE de esta licitación:

- Instalación, verificación y puesta en servicio del Rack Radio DMR en cada cabina de tren (2 racks por tren).
- Instalación, adaptación, verificación y puesta en servicio del Pupitre Radio DMR de motorista de cada cabina de tren (2 pupitres por tren).
- Suministro, instalación, verificación, pruebas y puesta en servicio de la antena exterior radio en cada cabina de tren (2 antenas por tren).

- Suministro, instalación, verificación, pruebas y puesta en servicio de todo el cableado necesario para la conexión del sistema Radio DMR de un tren, incluyendo todos los conectores necesarios.
- Suministro, instalación, verificación, pruebas y puesta en servicio del Cargador de terminal portátil (walkie) en cada cabina de tren (2 cargadores por tren).

NO SERÁ ALCANCE de esta licitación, ya que lo suministrará FMB, el siguiente equipamiento:

- Suministro del Rack Radio DMR configurado de cada cabina de tren (2 racks por tren).
- Suministro del Pupitre Radio DMR configurado de motorista de cada cabina de tren (2 pupitres por tren).

El Adjudicatario será el responsable del diseño de implantación de todos los equipos y cableados del sistema radio DMR en el tren, así como de la instalación, aportando el material necesario para ello. Además, el Adjudicatario participará en las pruebas de integración y validación del sistema, así como en la puesta en servicio.

El adjudicatario entregará toda la documentación necesaria para el mantenimiento y operación de todos los equipos del sistema radio DMR del tren (manuales de operación de los usuarios, documentación para el mantenimiento de los equipos (planos de montaje, listado de materiales, planos electrónicos de las placas electrónicas, listado de material de las placas)), así como la documentación as built (que incluirá especificaciones, data-sheets, planimetría, etc.).

#### **2.13.4 Megafonía**

El motorista podrá generar mensajes hablados desde el puesto de conducción.

El motorista podrá activar mensajes pregrabados en el tren mediante la introducción del código del mensaje o pulsación de botón dedicado.

En las comunicaciones tren-tierra, se podrán activar mensajes pregrabados en el tren desde el terminal DMR mediante la introducción del código de tren y código de mensaje pregrabado.

En las comunicaciones tren-tierra, se podrá generar mensajes hablados desde el terminal DMR mediante la introducción del código de tren y un código de mensaje hablado.

El nivel del audio reproducido se debe adaptar al nivel de ruido existente en el coche.

Debe poder realizarse la carga local de actualizaciones de software y firmware de los equipos mediante una conexión física con el PC y software correspondientes.

El sistema deberá reproducir automáticamente el mensaje de siguiente parada, en función de la ubicación del tren.



Deben poder almacenarse en el tren mensajes pregrabados cuya reproducción se asociará a una ubicación y sentido de marcha o cuya reproducción será seleccionada por el motorista o por un terminal DMR con suficientes privilegios.

El sistema deberá reproducir automáticamente el mensaje de Bip Bip de cierre de puertas, a partir de una orden recibida por el sistema que controle las puertas.

El sistema de megafonía tiene que poder gestionar los indicadores luminosos de andén, de forma coordinada con el anuncio de próxima estación.

El tren deberá poder sincronizar los mensajes de megafonía con los que se emitan en estaciones.

La activación de megafonía remota desde el CCM no debe requerir ninguna acción por parte del motorista. Debe ser independiente de las acciones del motorista. En conducción con motorista debe alertarse al motorista de que se está haciendo uso de la megafonía desde el Centro de Control.

Los mensajes pregrabados se tienen que poder activar remotamente.

Se deben poder cargar nuevos mensajes pregrabados.

Desde el Repositorio Central del Centro de Control debe poder realizarse la carga remota de actualizaciones de software y firmware de los equipos.

Se debe almacenar un log de mensajes reproducidos por el sistema de megafonía.

Se deben almacenar en local todos los mensajes de megafonía hablada generados por el motorista, junto con información relacionada relevante (fecha, hora,...). Estas grabaciones deben ser fácilmente exportables.

Se deben almacenar en el Centro de Control todos los mensajes de megafonía hablada generados por los operadores, junto con información relacionada relevante (fecha, hora,...). Estas grabaciones deben ser fácilmente exportables.

La priorización de mensajes será la siguiente:

- Bip Bip de puertas.
- Mensajes hablados por el motorista.
- Mensajes hablados desde Centro de Control.
- Mensajes pregrabados activados por el motorista.
- Mensajes pregrabados activados remotamente.



- Mensajes automáticos (próxima estación, etc.).

- Otras entradas de audio: música en espera, auxiliar, etc.

El sistema de Megafonía debe poder reportar su estado y alarmas al motorista y a un sistema global embarcado de monitorización remota de alarmas.

El sistema de Megafonía debe poder reportar un histórico con su estado y log de alarmas al Repositorio Central del Centro de Control. En este caso debe poder empaquetar la información y enviarla al sistema que se lo solicite, según el protocolo de comunicación, validación y encriptación que se defina.

Los requerimientos técnicos que deben cumplir como mínimo el sistema de megafonía son:

Id	Concepto	Requerimiento
MEG.NOR01	Normativa estándares y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN50155 (certificación ferroviaria).</li> <li>• UNE EN 45545: Protección contra el fuego en vehículos ferroviarios.</li> <li>• UNE EN 50121-3-2: Aplicaciones ferroviarias Compatibilidad electromagnética.</li> <li>• EN 61373: Material rodante, Ensayo de choques y vibraciones.</li> </ul>
MEG.AMB01	Condiciones medioambientales	Temperatura de operación: -25°C a +70°C (EN 50155 Clase T3).
MEG.INST01	Instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las centrales de megafonía se pueden instalar enrackados en la cabecera del tren o en algún otro compartimento habilitado para ello dentro de cada coche o en la parte inferior del tren.</li> </ul>
MEG.ALIM01	Alimentación eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentación eléctrica con fuentes de alimentación (Dual Power Supply), adaptable a las características eléctricas del tren.</li> <li>• Consumo inferior a 25W/switch (más el consumo de los elementos que se alimenten por POE).</li> </ul>
MEG.GEST01	Gestión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere poder operar tanto en forma local como en remota.</li> <li>• Permitir configurar y gestionar el sistema megafonía y los mensajes pregrabados conectándoles un PC y mediante una conexión de datos permite configurar y gestionar el sistema de megafonía y los mensajes pregrabados.</li> </ul>
MEG.RED01	Redundancia	Las fuentes de alimentación (Dual Power Supply) además de ser adaptables a las características eléctricas del tren deben estar redundadas junto al cableado y topología de conexión y cualquier elemento que se identifique como crítico e implique la existencia de puntos únicos de fallo (SPOF).

El sistema de megafonía soportará tanto la operación local (con motorista) como la operación remota (ya sea con motorista o sin él). Será seleccionable si se opera de una forma o de otra, la única diferencia

entre ambos modos de funcionamiento será que se puedan generar mensajes de megafonía o activar mensajes pregrabados desde la interfaz de gestión de motorista o desde el Centro de Control.

Las centrales de megafonía deberán ser las mismas en ambos casos, variando si acaso únicamente la interfaz de operación y gestión local. En cada cabecera existirá un pupitre o interfaz de gestión del sistema de megafonía fijo, incluyendo micrófono, PTT y un teclado o pantalla de operación pero únicamente estará activa la interfaz de operación/gestión en la que opere el motorista. La central de la cabecera 'activa' se erigirá como 'master' del sistema y permitirá la gestión global desde el pupitre o panel de motorista correspondiente.

La arquitectura deberá ser IP mediante SIP (Session Initiation Protocol) con redundancia. Éstas se conectarán entre sí mediante la red Ethernet embarcada.

Las centrales de los coches cabecera conectarán con los pupitres o paneles de control de motorista y con los sistemas de comunicación que permitirán su gestión remota.

El sistema de megafonía recibirá información de posicionamiento del sistema de señalización a través de la red TCN de cada tren a partir del cual conocerá la ubicación del tren y podrá lanzar tantos los mensajes automáticos de anuncio de parada como gestionar las flechas de andén.

El nivel de audio de los mensajes (potencia) se ajustará automáticamente y de forma manual desde el puesto de conducción de forma, independiente en cada coche en función del nivel sonoro medido, la detección de peso en el coche o el conteo de personas, o bien la combinación de varios de estos sistemas. El nivel sonoro medido en cada uno de los vagones deberá ser accesible a través del equipo embarcado de tren pudiéndose enviar al CCM dicha información a través del sistema de comunicación que se determine durante el proyecto

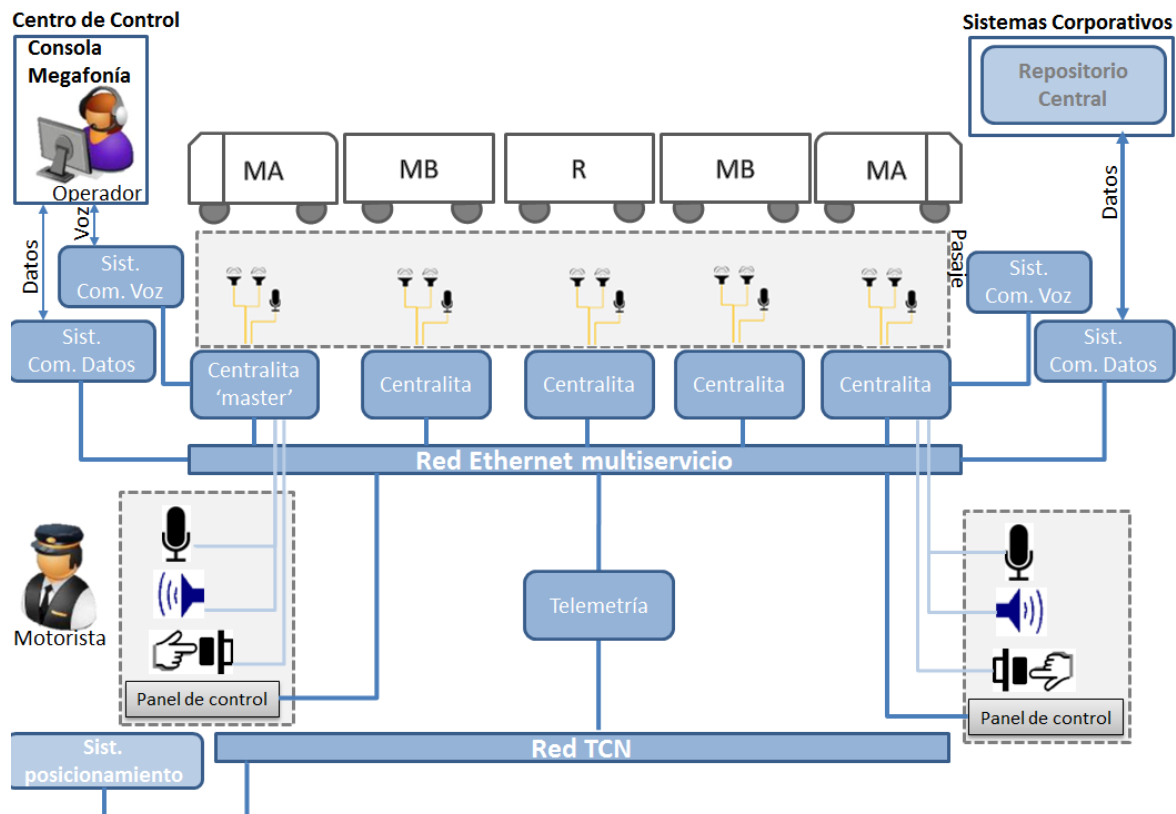
Las centrales podrán almacenar mensajes pregrabados de anuncio de próxima parada u otros mensajes pregrabados activables desde el puesto de operación local o de forma remota desde el Centro de Control. Estos mensajes se almacenarán en una tarjeta de memoria en un formato de audio estándar fácilmente editable por FMB y estos podrán ser gestionados por FMB, de forma local grabando sobre la memoria y de forma remota mediante descargas del Repositorio Central.

Las centrales deben tener un grabador para poder registrar las comunicaciones que se realicen entre el motorista y el pasaje.

El sistema de megafonía tendrá la posibilidad de emitir comunicaciones realizadas por el CCM, que llegarán a través del canal radio tren-tierra. Además, mediante el sistema DMR, se podrán activar los mensajes pregrabados en el tren.

El identificador del tren se podrá seleccionar desde el panel del motorista o remotamente y se enviará al panel identificador mediante un puerto RS485.

Los mensajes automáticos de siguiente parada se encontrarán grabados en la central del sistema.



*Ejemplo de esquema del modelo tecnológico para sistemas de megafonía*

#### 2.13.4.1 Centralita de megafonía

La existirán de dos equipos de comunicación de voz, uno en cada cabecera. Las centrales de cabecera podrán comunicarse con cualquiera de los equipos. Éstas se comunicarán entre sí a través de la red Ethernet embarcada multiservicio.

Cada una de estas centralitas deberá controlar los periféricos del sistema asociados al coche en cuestión (micrófono de sonido ambiente, altavoces e indicadores de andén).

Los datos de posición para controlar ciertos periféricos se recibirán a través del TCN. Además, sobre esta red las centralitas deberán reportar sus estados y alarmas.



Periféricos asociados a cada una de las centralitas

#### 2.13.4.2 Centralita de motorista

En las centrales de las cabeceras además de las especificaciones anteriores se deberán gestionar tanto las interfaces de gestión del motorista como las comunicaciones tren-tierra entre el sistema y el Centro de Control además de otros sistemas que sólo están en las cabeceras, como por ejemplo los carteles de tren.

En cada cabecera existirá un pupitre o interfaz de gestión del sistema de megafonía fijo, incluyendo micrófono, PTT y un teclado o pantalla de operación pero únicamente estará activa la interfaz de operación/gestión en la que opere el motorista. La central de la cabecera 'activa' se erigirá como 'master' del sistema y permitirá la gestión global desde el pupitre o panel de motorista correspondiente.

#### 2.13.4.3 Altavoces

El número de altavoces, situación y potencia del equipo se determinará de acuerdo con una distribución homogénea del audio de los mensajes, de forma que las instrucciones dadas a los pasajeros sean perfectamente inteligibles desde cualquier punto del vehículo e independientemente de la velocidad del tren. La información hablada tendrá un nivel STI-PA mínimo de 0,60 fair-good, de acuerdo con la especificación EN 60268-16:2011.

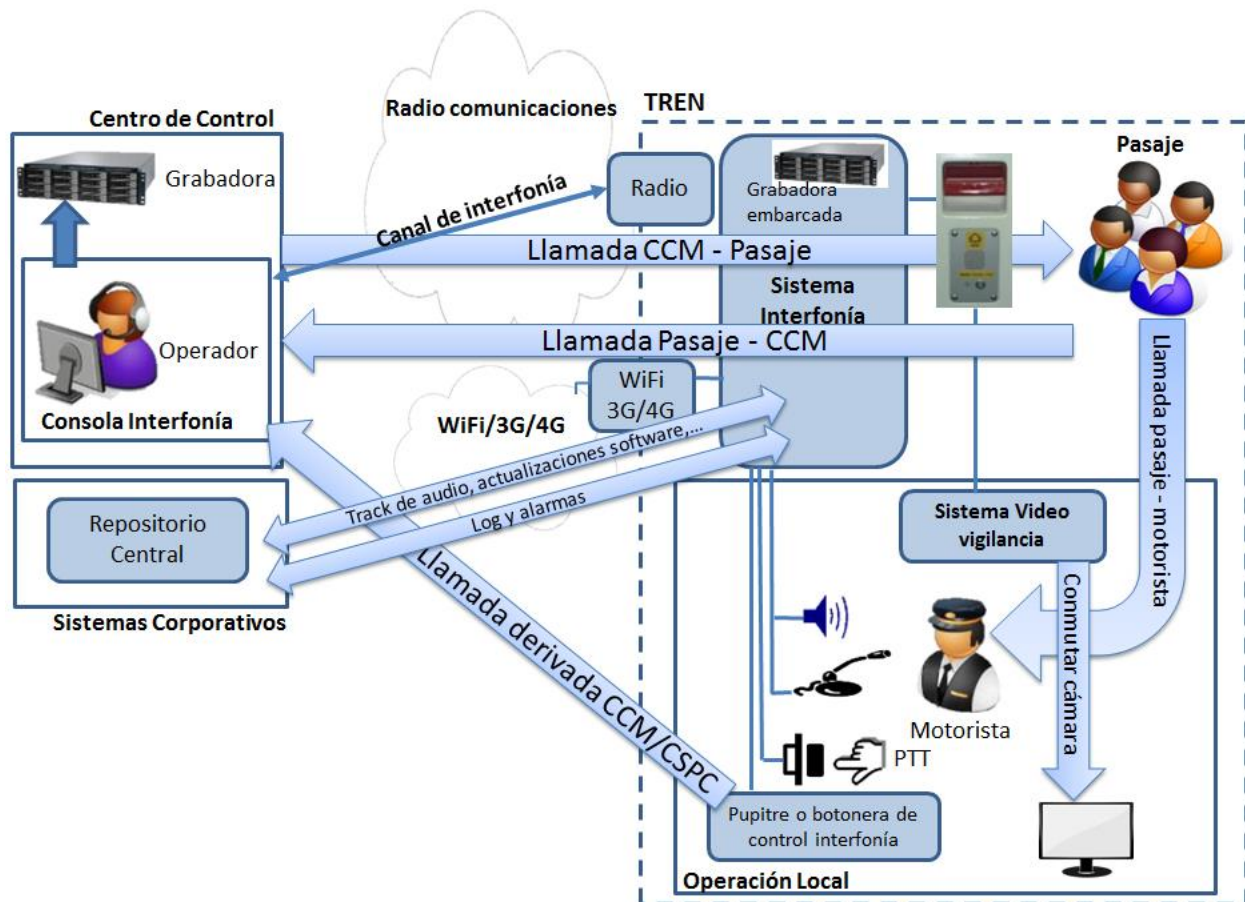
El sistema de comunicación se diseñará de tal modo que al menos la mitad de sus altavoces (distribuidos por todo el tren) sigan funcionando en caso de avería en uno de sus elementos de transmisión. Los altavoces quedarán incluidos en la disposición final del interiorismo y deberán ser accesibles en las operaciones de mantenimiento.

#### 2.13.4.4 Micrófono ambiente

Se dispondrá de un control de ruido ambiente al objeto de poder controlar el volumen de salida de audio. También tendrá una regulación de salida de audio controlada digitalmente por coche desde la pantalla de conducción.

Dispondrá de una función de prueba de forma que tanto desde cabina como remotamente se pueda verificar que la señal de audio del coche presenta niveles correctos de potencia.

### 2.13.5 Interfonía



*Modelo operativo para los sistemas de interfonía*

Los requerimientos técnicos que deben cumplir como mínimo el sistema de interfonía son:

Operativa Local	
IF.OL01	• El motorista puede iniciar una llamada desde el puesto de motorista a un interfono concreto.
IF.OL02	• El motorista puede recibir y contestar las llamadas de un interfono debido a la pulsación del botón de llamada por parte del pasaje.
IF.OL03	• El motorista puede recibir y contestar las llamadas de un interfono debido a la activación del tirador de emergencia por parte pasaje.
IF.OL04	• Al motorista le conmuta automáticamente la cámara del sistema de video vigilancia asociada al interfono activado.
IF.OL05	• El motorista puede derivar al CCM una comunicación establecida con el pasaje, mediante la pulsación del botón correspondiente en el panel de control de que disponga en el pupitre.
IF.OL06	• Al recibirse una llamada de interfonía por parte del pasaje se debe poder identificar el interfono activo así como la fuente de dicha activación (pulsador o tirador de emergencia).
IF.OL07	• Debe poder realizarse la carga local de actualizaciones de software y firmware de los equipos, ya sea mediante una conexión física con el PC y software correspondientes.

Operativa Automática	
IF.OA01	• Las llamadas realizadas por un pasajero que, pasado un tiempo preestablecido en conducción manual o directamente en conducción automática, no son atendidas por el

	motorista derivan automáticamente al CCM a través del sistema de radio.
--	---

Operación Remota (Centros de Control)	
IF.OR01	• Gestión unificada desde un único puesto de gestión de interfonía tanto para líneas convencionales como automáticas.
IF.OR02	• La activación de interfonía remota desde el CCM no debe requerir ninguna acción por parte del motorista. Debe ser independiente de las acciones del motorista. Eso sí, en conducción con motorista debe alertarse al motorista de que se está haciendo uso de la megafonía desde el Centro de Control. Además, desde el CCM debe poderse elegir el interfono con el que se comunica.
IF.OR03	• La comunicación remota para interfonía debe ser independiente de la comunicación remota de megafonía. Se debe poder disponer de canales de comunicación independientes.
IF.OR04	• Al recibirse una llamada de interfonía por parte del pasaje se debe poder identificar el interfono activo así como la fuente de dicha activación (pulsador o tirador de emergencia).
IF.OR05	• Al recibirse una llamada de interfonía por parte del pasaje la cámara del sistema de video vigilancia asociada al interfono debe conmutar automáticamente.
IF.OR06	• Desde el Repositorio Central del Centro de Control debe poder realizarse la carga remota de actualizaciones de software y firmware de los equipos.

Registro	
IF.RE01	• Se deben almacenar en local todas las conversaciones de interfonía hablada entre el motorista y el pasaje, junto con información relacionada relevante (fecha, hora,...). Estas grabaciones tienen que poder ser fácilmente exportables.
IF.RE02	• Se deben almacenar en el Centro de Control todas las conversaciones de interfonía hablada entre el motorista y el pasaje, junto con información relacionada relevante (fecha, hora,...). Estas grabaciones tienen que poder ser fácilmente exportables.

Mantenimiento	
IF.MT01	• El sistema de Interfonía debe poder reportar su estado y alarmas a un sistema global embarcado de monitorización de alarmas.
IF.MT02	• El sistema de Interfonía debe reportar su estado y alarmas a un panel de control en la cabina del motorista.
IF.MT03	• El sistema de Interfonía debe reportar su estado y alarmas en los Centros de Control.
IF.MT04	• El sistema de Interfonía debe poder reportar un histórico con su estado y log de alarmas al Repositorio Central del Centro de Control. En este caso debe poder empaquetar la información y enviarla al sistema que se lo solicite, según el protocolo de comunicación, validación y encriptación que se defina.

Requerimientos generales		
INT.NOR01	Normativa estándares y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN50155 (certificación ferroviaria).</li> <li>• EN5510-2 (seguridad contra incendios).</li> <li>• EN6100-4-X y EN55022 (interferencias electromagnéticas).</li> <li>• IEC 60068-2-27 e IEC 60068-2-6 (resistencia a golpes y vibraciones en los trenes).</li> <li>• IP 54 (protección frente a polvo y agua).</li> </ul>
INT.AMB01	Condiciones medioambientales	Temperatura de operación: -25°C a +70°C (EN 50155 Clase T3).



<b>INT.INST01</b>	<b>Instalación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las centrales de interfonía se pueden instalar enrackados en la cabecera del tren o en algún otro compartimento habilitado para ello dentro de cada coche o en la parte inferior del tren.</li> </ul>
<b>INT.ALIM01</b>	<b>Alimentación eléctrica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentación eléctrica con fuentes de alimentación (Dual Power Supply), adaptable a las características eléctricas del tren.</li> <li>Consumo inferior a 25W/switch (más el consumo de los elementos que se alimenten por POE).</li> </ul>
<b>INT.GEST01</b>	<b>Gestión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se debe poder operar tanto en forma local como en remota.</li> <li>Permite configurar y gestionar el sistema de interfonía conectando un PC y mediante una conexión de datos permite configurar y gestionar el sistema de interfonía.</li> </ul>
<b>INT.RED01</b>	<b>Redundancia</b>	Las fuentes de alimentación (Dual Power Supply) además de ser adaptables a las características eléctricas del tren deben estar redundadas junto al cableado y topología de conexión y cualquier elemento que se identifique como crítico e implique la existencia de puntos únicos de fallo (SPOF).

El sistema de interfonía deberá soportar tanto la operación local (con motorista) como la operación remota (ya sea con motorista o sin él). Será seleccionable si se opera de una forma o de otra. La única diferencia entre ambos modos de funcionamiento es que se puedan establecer comunicaciones con la interfaz de gestión de motorista o con el Centro de Control.

Las centrales de interfonía serán las mismas en ambos casos, variando si acaso únicamente la interfaz de operación y gestión local.

La central de la cabecera 'activa' se erigirá como 'master' del sistema y permitirá la gestión global desde el pupitre o panel de motorista correspondiente.

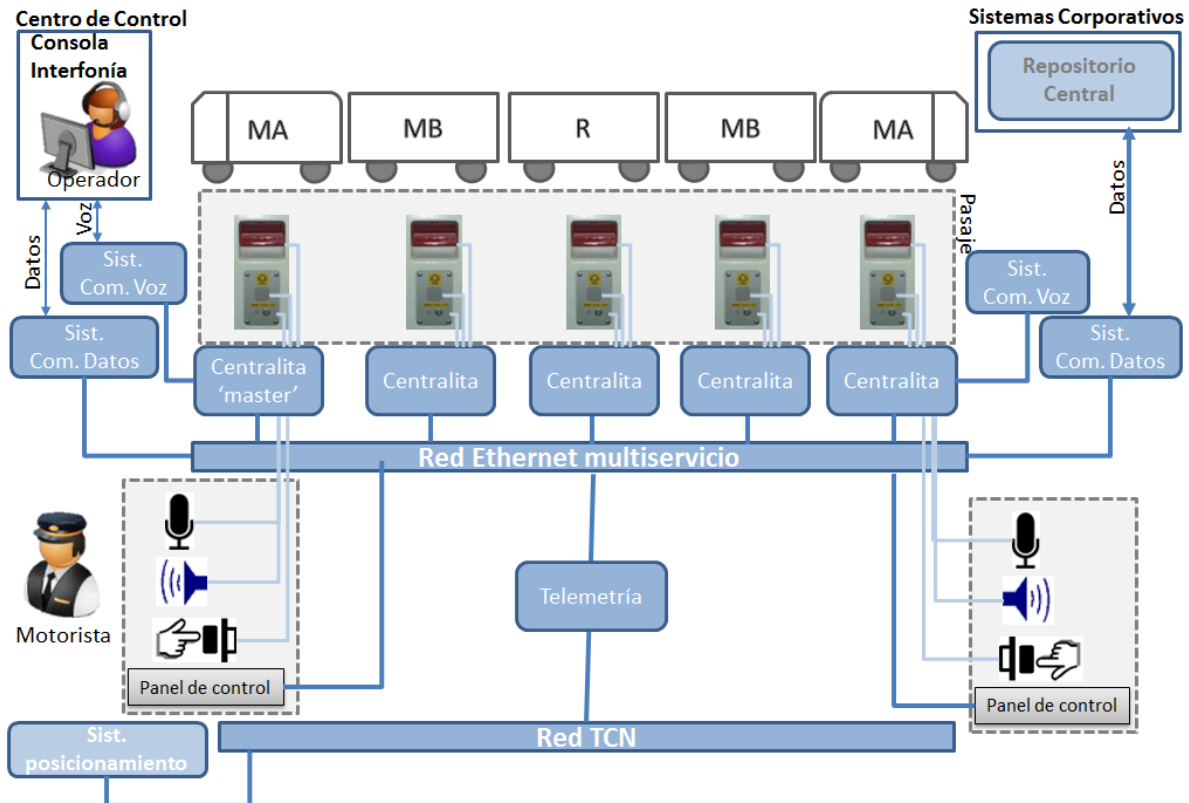
En cada cabecera existirá un pupitre o interfaz de gestión del sistema de interfonía fijo, incluyendo micrófono, PTT y un teclado o pantalla de operación pero únicamente estará activa la interfaz de operación/gestión en la que opere el motorista.

Se requiere la existencia de dos equipos de comunicación de voz, uno en cada cabecera, y que cualquiera de las centrales de cabecera pueda comunicar con cualquiera de los dos equipos. Éstas se comunicarán entre sí mediante la red Ethernet embarcada.

El nivel de audio de los altavoces (potencia) se ajustará de forma independiente en cada coche en función del nivel sonoro medido, la detección de peso en el coche o el conteo de personas, o bien la combinación de varios de estos sistemas.

La potencia de salida de audio máxima debe ser superior a 24 W/equipo.

Las comunicaciones de interfonía-cabina quedarán grabadas junto con las señales de video vigilancia, de forma que al descargar las imágenes se descargue automáticamente el audio asociado sin necesidad de hacer ninguna otra acción.



*Ejemplo de esquema del modelo tecnológico para sistemas de interfonía*

#### 2.13.5.1 Centralita de interfonía

Existirá una centralita de interfonía por coche aunque este hecho no excluye que esta central pueda ser compartida con otros sistemas, como por ejemplo el de megafonía. Éstas deben ser integrables a nivel SIP con terceros permitiendo la interconexión desde sistemas de voz externos hacia todos los elementos (interfonos) de su red.

En cada cabecera existirá un pupitre o interfaz de gestión del sistema de interfonía fijo, incluyendo micrófono, PTT y un teclado o pantalla de operación pero únicamente estará activa la interfaz de operación/gestión en la que opere el motorista.

Las centrales de los coches cabecera conectarán con los pupitres o paneles de control de motorista y con el/los sistema/s de comunicación que permitan su gestión remota desde el CCM. Todas las centrales de interfonía gestionarán los periféricos de pasaje de su propio coche: intercomunicadores de pasaje (altavoz + micrófono), pulsador y tirador de emergencia.

Las diferentes centralitas se comunicarán entre sí a través de la red Ethernet embarcada multiservicio.

Los datos de posición para controlar ciertos periféricos se recibirán a través del TCN. Además, sobre esta red, las centralitas deberán reportar sus estados y alarmas. Así mismo, la centralita debe poder monitorizar el estado de los interfonos y reportar su estado vía SNMP hacia terceros.



Las centrales deben tener un grabador para poder registrar las comunicaciones que se realicen entre el motorista y el pasaje.

#### 2.13.5.2 Centralita de motorista

En las centrales de las cabeceras además de las especificaciones anteriores se deberán gestionar tanto las interfaces de gestión del motorista como las comunicaciones tren-tierra entre el sistema y el Centro de Control además de otros sistemas que sólo están en las cabeceras, como por ejemplo los carteles de tren.

#### 2.13.5.3 Altavoz tirador de emergencia

Junto al tirador de emergencia se situará una placa con los controles del interfono y que servirá para que los viajeros puedan comunicarse con el maquinista a través del sistema de interfonía.

Esta placa equipará el altavoz, el pulsador de solicitud de conversación, el micrófono, toda la electrónica asociada y los diversos leds indicativos. Todos estos elementos formarán un conjunto con un conector y estará perfectamente integrado en la decoración de la caja.

La interfonía será un equipo que funcione en modo full-dúplex. Dispondrá de una señalización que indique que el maquinista ha establecido conexión y de otra que indique que el viajero puede hablar.

Ver especificaciones en apartado “2.2.4.5 Tiradores de alarma”.

#### 2.13.5.4 Relaciones con otros sistemas

El sistema de interfonía tiene la posibilidad de habilitar la comunicación entre el pasaje y el CCM mediante el uso del canal radio tren-tierra.

Los tiradores de alarma y pulsadores de interfonía están conectados a las centrales de interfonía/megafonía de cada coche mediante una conexión digital. El sistema de interfonía se comunica indirectamente con el sistema de video vigilancia y permitirá sistema de video asistencia al pasaje.

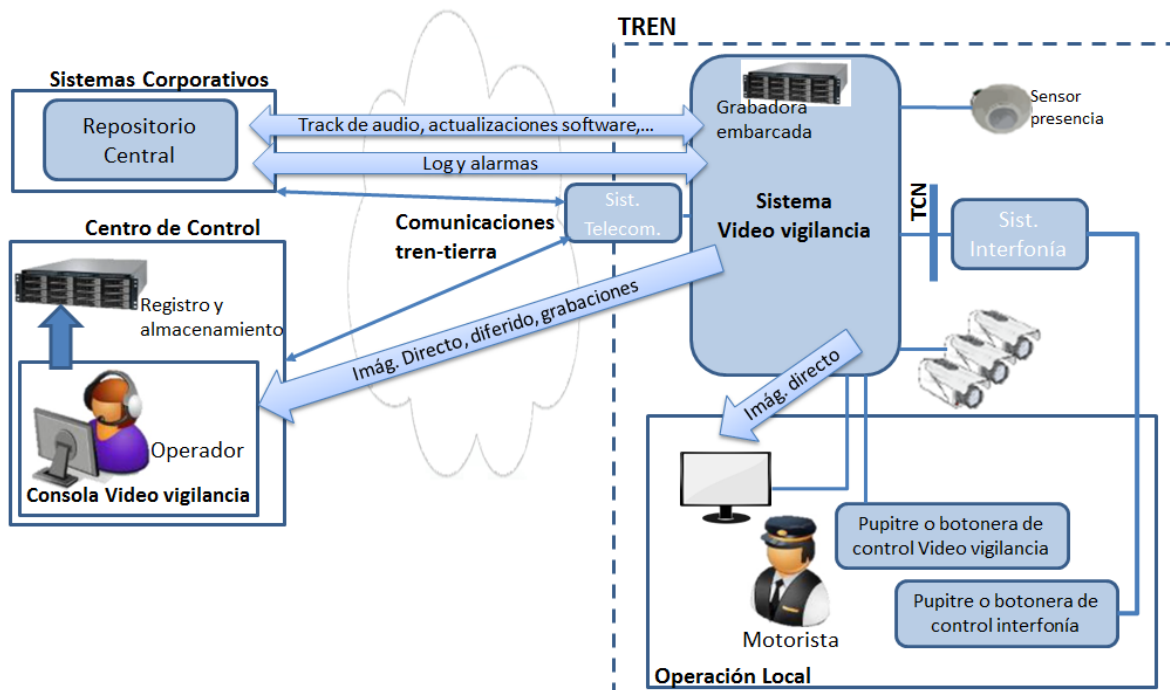
### 2.13.6 Video vigilancia

El sistema de video vigilancia tendrá como funciones principales:

- Sistema de videovigilancia interno del tren
- Sistema de retrovisión
- Transmisión en tiempo real de imágenes al motorista. Imágenes interiores entre estaciones y exteriores en estaciones.
- Transmisión de imágenes del sistema de videovigilancia interior de un tren hacia el CCM con posibilidad de selección de tren y cámara desde el CCM.

El CCTV deberá cumplir con la ley 15/1999 de protección de datos.

FMB facilitará al Adjudicatario dos Videograbadores Digitales (DVR) propios por tren que serán los responsables de gestionar la videovigilancia. El Adjudicatario será el responsable del resto del alcance de suministro del sistema de videovigilancia, incluyendo el diseño de implantación de todos los equipos en el tren, su configuración e instalación, aportando el material necesario para ello. El adjudicatario se responsabilizará de las pruebas de integración y validación del sistema.



*Modelo operativo para los sistemas de video vigilancia*

Los requerimientos técnicos que deben cumplir como mínimo el sistema de video vigilancia son:

#### Operativa Local

<b>VV.OL01</b>	El motorista podrá visualizar las imágenes en directo de todas las cámaras del tren, de forma estática o cíclica, pudiendo llegar a visualizar un mínimo de 4 cámaras simultáneamente.
<b>VV.OL02</b>	En la pantalla de visualización del motorista conmutará automáticamente la cámara asociada a un interfono o tirador de emergencia, a un detector de incendios, o a un bloqueo/desbloqueo de puertas, en caso de activación de uno de éstos.
<b>VV.OL03</b>	En la pantalla de visualización del motorista conmutará automáticamente la cámara retrovisor del lado de andén cuando el tren pare en la estación, conmutando de nuevo a la cámara visualizada anteriormente al reiniciar la marcha.
<b>VV.OL04</b>	En la pantalla de visualización del motorista conmutará automáticamente la cámara de cabina instalada en la cabina que no se encuentra en servicio si recibe un aviso del detector de presencia.
<b>VV.OL05</b>	La cámara ubicada en la cabina de motorista se desactivará automáticamente cuando el motorista se encuentre operando en ella, a partir de la orden de la llave de mando.
<b>VV.OL06</b>	Todas las cámaras activas se almacenarán en los equipos de almacenamiento del sistema de video vigilancia, sobrescribiendo las imágenes más antiguas cuando se llegue a la máxima capacidad de almacenamiento. La autonomía mínima será de 14 días.
<b>VV.OL07</b>	El equipo de almacenamiento de imágenes realizará una marca en las imágenes almacenadas de la cámara asociada a un tirador o interfono de pasaje, a un detector de incendios, o a un bloqueo/desbloqueo de puertas en caso de activación de éstos. El equipo de video vigilancia deber registrar el evento en una resolución lo suficientemente clara, para poder permitir el reconocimiento facial de las personas en la zona de actuación del tirador de emergencia activado, al igual que grabar el audio de las conversaciones con una calidad que permita escuchar la conversación de manera clara.
<b>VV.OL08</b>	Debe poder realizarse la carga local de actualizaciones de software y firmware de los equipos, ya sea mediante una conexión física con el PC y software correspondientes.

#### Otra Operativa

<b>VV.OO01</b>	Integración del sistema de video vigilancia con el sistema de comunicaciones del que dispone la línea.
<b>VV.OO02</b>	Integración con el sistema de telemando de tráfico en el CCM.
<b>VV.OO03</b>	Cuando se detecta la entrada en la cabina opuesta a la marcha del tren se deberá conmutar automáticamente la cámara asociada en el monitor del motorista.

#### Operativa Remota (Centros de Control)

<b>VV.OR01</b>	Selección y visualización de las imágenes en directo captadas por todas las cámaras activas de todos los trenes desde CCM.
<b>VV.OR02</b>	Selección y visualización de las imágenes almacenadas poco antes del momento de visualización (rebobinado) desde CCM.
<b>VV.OR03</b>	Selección y visualización o descarga de imágenes almacenadas. Cualquier otra entidad que requiera imágenes almacenadas, debe canalizar la petición desde los centros de control,

	quien se encargará de la descarga, control y entrega de las mismas.
<b>VV.OR04</b>	Cuando se realiza una llamada de interfonía la cámara asociada debe conmutar para hacer posible su visualización desde el CCM.
<b>VV.OR05</b>	Desde el Repositorio Central del Centro de Control debe poder realizarse la carga remota de actualizaciones de software y firmware de los equipos.

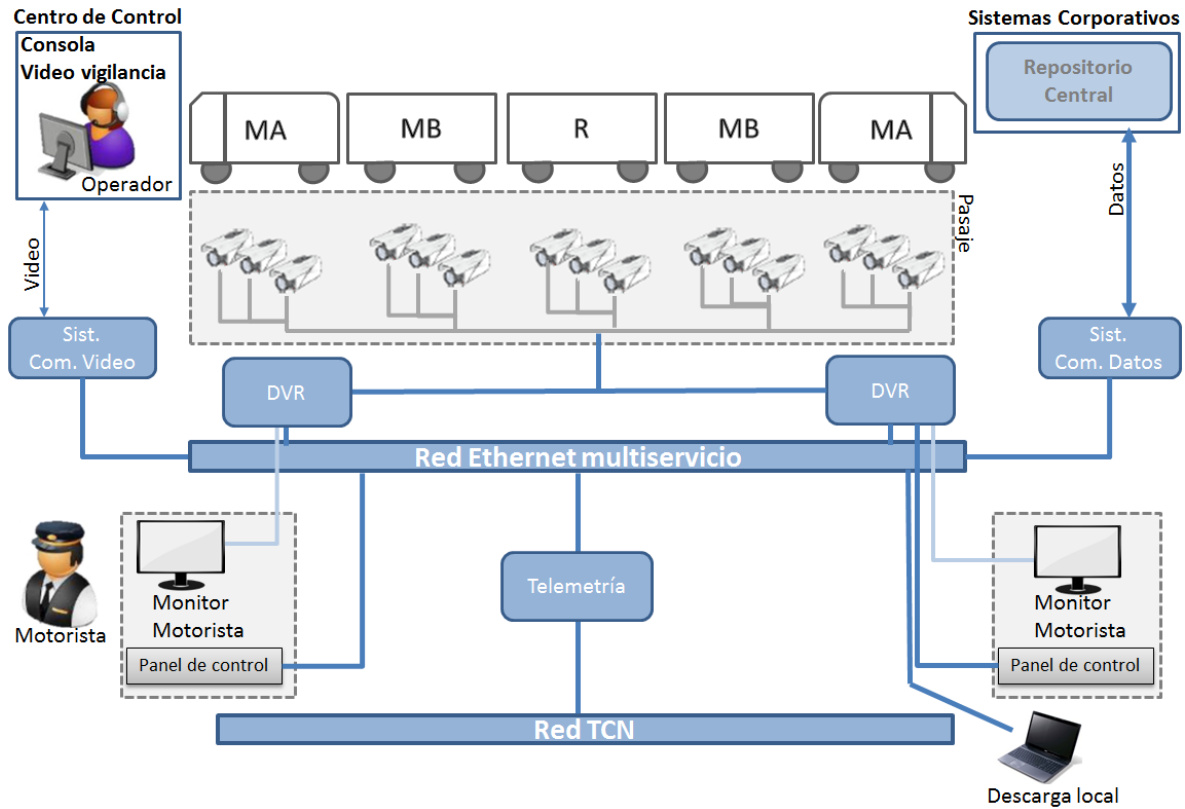
<b>Mantenimiento</b>	
<b>VV.MT01</b>	El sistema de Video vigilancia debe poder reportar su estado y alarmas a un sistema global embarcado de monitorización de alarmas.
<b>VV.MT02</b>	El sistema de Video vigilancia debe reportar su estado y alarmas a un panel de control en la cabina del motorista a través de la red TCN.
<b>VV.MT03</b>	El sistema de Video vigilancia debe reportar su estado y alarmas en los Centros de Control utilizando las redes de comunicación tren-tierra.
<b>VV.MT04</b>	El sistema de Video vigilancia debe poder reportar un histórico con su estado y log de alarmas al Repositorio Central del Centro de Control. En este caso debe poder empaquetar la información y enviarla al sistema que se lo solicite, según el protocolo de comunicación, validación y encriptación que se defina.

El sistema de video vigilancia soportará tanto la operación local (con motorista) como la operación remota (ya sea con motorista o sin él). Será seleccionable si se opera de una forma o de otra..

Únicamente estará activa la interfaz de operación/gestión en la que opere el motorista. La central de la cabecera 'activa' se erige en 'master' del sistema y permite la gestión global desde el pupitre o panel de motorista correspondiente.

Los DVR (Grabador Digital de Video) estarán conectados mediante la red embarcada Ethernet para la transmisión de vídeo y señales de control y con la red TCN embarcada para la supervisión por parte del sistema de monitorización del tren.

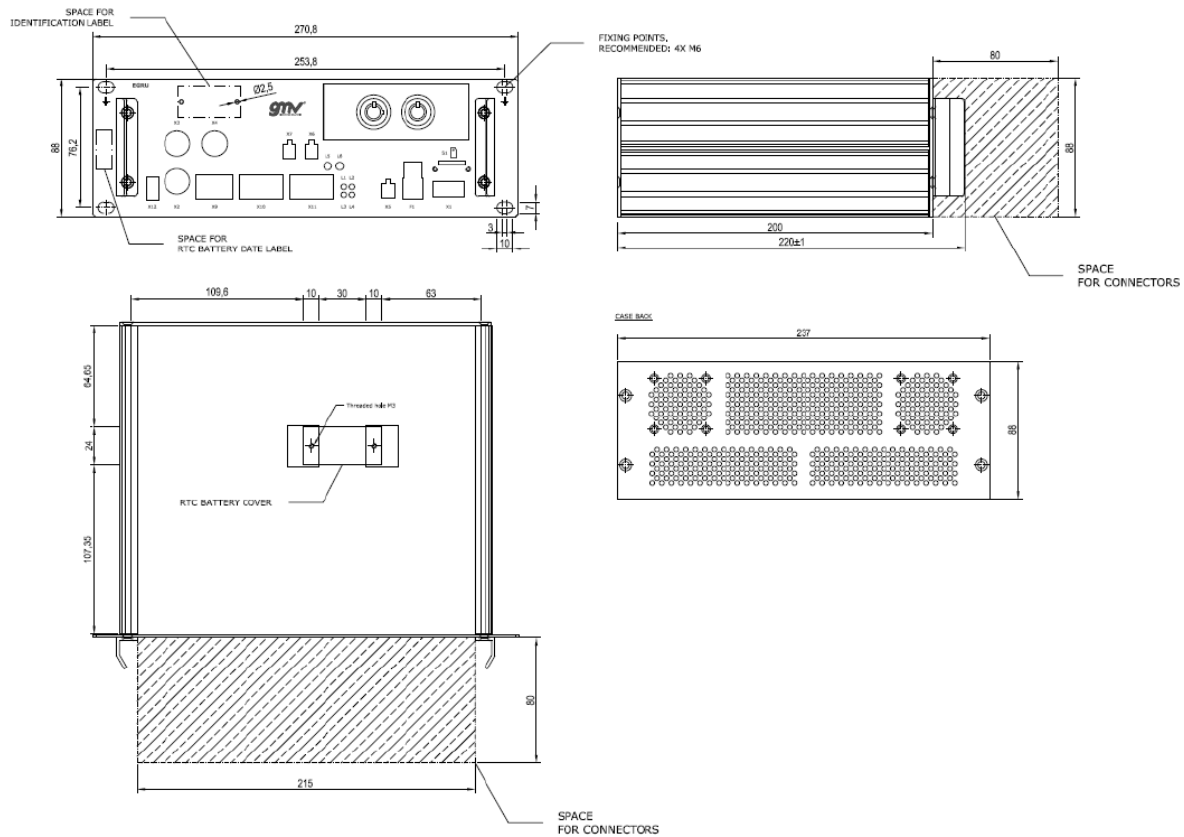
Los DVR gestionarán la recepción de imágenes de todas las cámaras del tren y su almacenamiento, así como la distribución de imágenes en directo o almacenadas al puesto de operación del motorista o a los equipos de comunicación tren-tierra a través del sistema de comunicaciones embarcado. Además, dispondrán de una conexión física que permita la conexión de un PC, para la descarga de contenidos almacenados.



*Ejemplo de esquema del modelo tecnológico para sistemas de video vigilancia*

#### 2.13.6.1 Grabador digital de vídeo (DVR)

Las dimensiones de los DVR son:



Plano de dimensiones equipo EGRU

La alimentación del DVR se realiza con niveles de tensión de batería de tren a 72 Vdc, con los márgenes requeridos por la EN50155.

Las funciones del Adjudicatario, entre otras, será la de proporcionar todos los componentes necesarios (rack, cableado...) para la configuración e instalación del DVR, del cableado troncal, del cableado hasta el switch, de la alimentación de todos los equipos, etc.

El software incorporado en este equipo permitirá la grabación en *loop mode*, borrando contenidos más antiguos cuando se llega a la capacidad máxima del disco, para permitir la grabación de contenidos nuevos.

Las grabaciones registradas en modo alarma no se borrarán de manera rutinaria, siendo solo posible su borrado de forma manual.

#### 2.13.6.2 Puesto de motorista

En el puesto de motorista se debe instalar dos monitores que conecten con el DVR que permita únicamente la visualización en tiempo real de las imágenes captadas por las cámaras interiores/exteriores, sin que existan retardos ni posibilidad de persistencias de las mismas. El monitor del puesto de motorista será tipo TFT como mínimo de 15 pulgadas con protección frontal IP65 con brillo regulable automáticamente en función de la luz exterior y de unas dimensiones suficientes para poder

visualizar 4 cámaras mediante un generador de cuadrante o elemento similar. Se conectará directamente al DVR con conexión VGA y RS-232 para el táctil.

La pantalla solo presentará imágenes del interior cuando el motorista lo solicite o cuando se active por parte del pasaje un tirador de alarma, interfono o palanca de desbloqueo de puertas, en cuyo caso se conectará en pantalla las imágenes de la cámara más próxima al tirador activado. En el caso que no hubiese motorista esta imagen se visualizaría desde el CCM.

Los equipos del CCTV se comunicarán por red Ethernet específica, redundante y de alta velocidad.

#### 2.13.6.3 Cámaras

La ubicación y el número de cámaras del sistema situadas en el interior de los coches será el suficiente para que no existan zonas de sombra (puntos ciegos) ni de mala visibilidad en todos los coches, incluidos los pasillos de intercomunicación. Se considerará como plano de análisis la zona más alejada, de cobertura normal de una cámara. Deberá disponerse como mínimo cuatro (4) cámaras por coche. Se debe aportar en fase de proyecto un estudio de cobertura para analizar el número de cámaras a instalar. Todas las cámaras interiores estarán ocultas y adecuadamente protegidas frente a actos vandálicos.

Se dispondrá de una cámara cenital en cabina de conducción con visión de la puerta de emergencia frontal. Dicha cámara tendrá visión directa para dar indicaciones en caso de emergencia.

En el interior de cada cabina se dispondrá además de una cámara que captará la imagen del interior de la cabina sin mando de tren. Si se detecta “presencia en cabina”, se mostrará en uno de los dos monitores de la cabina con mando la imagen de dicha cámara, con objeto de que el motorista pueda identificar a la persona que ha entrado en el otro puesto de conducción. Esta misma imagen se podrá ver desde el CCM.

Se instalará en el ambos lados del exterior del tren dos cámaras colocadas en los laterales de cada cabina y en dos cámaras en ambos laterales de los remolques que harán de retrovisores y una frontal para grabar posibles obstáculos o arrollamientos. La visión de los andenes servirá para poder supervisar la entrada y salida de los viajeros al tren y poder reanudar la marcha una vez ha podido comprobar que ha terminado el movimiento de las personas.

Las cámaras frontales equipadas en el tren deben permitir visualizar la operación de acople, y el modo marcha atrás, que se podrá visualizar de manera clara para el conductor. FMB validará la visualización y posición de las cámaras.

Los requerimientos técnicos que deben cumplir como mínimo las cámaras son:

Id	Concepto	Requerimiento
VV.CAM01	Identificación	La identificación de la cámara sobreimpresa en la imagen debe ser configurable.
VV.CAM02	Características	Las nuevas cámaras deben incorporar las siguientes características y funcionalidades: a. Alta sensibilidad con mínima iluminación (0,3 lux en color). b. Resolución FullHD a 30 imágenes por segundo. c. Soporta de forma simultánea secuencias de vídeo Motion JPEG y H.264. d. Detector de movimiento. e. PoE Plus.
VV.CAM03	Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AXIS Video Hosting System (AVHS)</li> <li>• Forensic WDR</li> <li>• Zipstream technology</li> <li>• active tampering alarm</li> <li>• brightness control</li> <li>• color control</li> <li>• contrast control</li> <li>• digest authentication</li> <li>• digital PTZ function</li> <li>• exposure control</li> <li>• exposure zone</li> <li>• guard tour</li> <li>• IP address filtering</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• image mirror</li> <li>• password protection</li> <li>• progressive scanning</li> <li>• sharpness control</li> <li>• white balance</li> <li>• Lightfinder technology</li> <li>• ONVIF (Profile G) support</li> <li>• ONVIF (Profile S) support</li> <li>• Pixel Counter Support</li> <li>• Privacy Mask Function</li> <li>• Traffic Light mode</li> <li>• Video Motion Detection Technology</li> </ul>
VV.CAM04	Protocolos de red	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARP</li> <li>• Bonjour</li> <li>• IGMP</li> <li>• IPv4</li> <li>• IPv6</li> <li>• NTP</li> <li>• QOS</li> <li>• RTCP</li> <li>• RTP</li> <li>• RTSP</li> <li>• SFTP</li> <li>• SMB</li> <li>• CIFS</li> <li>• SMTP</li> <li>• SNMP 1</li> <li>• SNMP 2c</li> <li>• SNMP 3</li> <li>• SOCKS</li> <li>• SSH</li> <li>• SSL</li> <li>• DHCP</li> <li>• FTP</li> <li>• HTTP</li> <li>• HTTPS</li> <li>• ICMP</li> <li>• TCP/IP</li> <li>• TLS</li> <li>• UDP/IP</li> <li>• DDNS</li> <li>• UPnP</li> </ul>
VV.CAM.AMB01	Temperatura	• -40°C 60°C
VV.CAM.AMB02	Humedad	• 10 – 100%
VV.CAM.NOR01	Normativa estándares y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AS/NZS CISPR 32 Class A</li> <li>• EAC</li> <li>• EN 61000-6-2</li> <li>• EN 61373</li> <li>• EN 62262 IK08</li> <li>• EN55024</li> <li>• FCC Part 15 B Class A</li> <li>• ICES-003 Class A</li> <li>• IEC 60068-2-1</li> <li>• IEC 60068-2-2</li> <li>• IEC 60068-2-27</li> <li>• IEC 60068-2-64</li> <li>• ECE-R10 Rev.5</li> <li>• IEC 60068-2-78</li> <li>• IEC 60721-3-5 Class 5M3</li> <li>• IEC 61373</li> <li>• IEC 62236-4</li> <li>• IEC 62262 IK08</li> <li>• IEC/EN 60529</li> <li>• IEC/EN/UL 62368-1</li> <li>• IEEE 802.3af</li> <li>• IEEE 802.3at</li> <li>• IP66</li> <li>• EN 45545</li> <li>• IP67</li> <li>• KCC KN32 Class A</li> <li>• KN35</li> <li>• NEMA250 Type 4X</li> <li>• RCM</li> <li>• VCCI Class A</li> <li>• EN 50121-3-2</li> <li>• EN 50121-4</li> <li>• EN 50155</li> <li>• EN 50498</li> <li>• EN 55032 Class A</li> <li>• EN 61000-6-1</li> </ul>

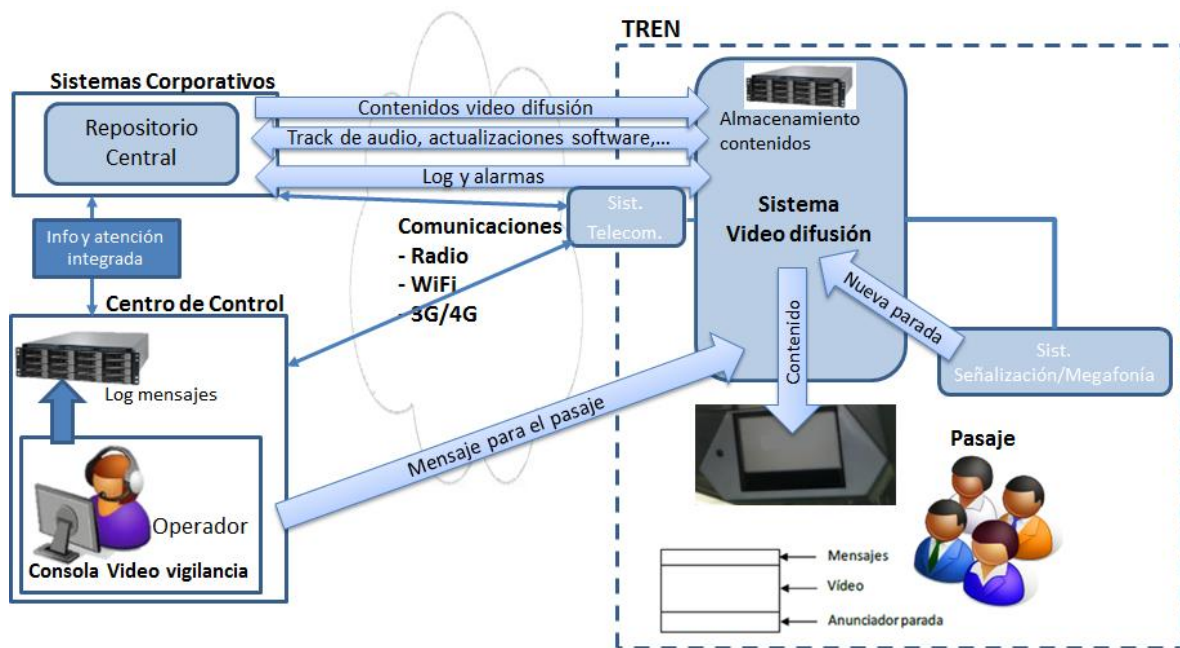
*Requisitos cámara video vigilancia*



### 2.13.7 Video difusión

La función del sistema de video difusión será la de:

- Difundir las informaciones al pasajero que tengan relación con el trayecto: próxima estación, plano general de la línea, estaciones donde pare el tren, correspondencias, estación actual, y posibles mensajes visuales de emergencia. Estos mensajes podrán estar sincronizados con la megafonía.
- Difundir imágenes o mensajes de entretenimiento corporativos, de publicidad, institucionales, de información en general o los que se considere.



*Modelo operativo para los sistemas de video difusión*

Los requerimientos técnicos que deben cumplir como mínimo los sistemas de video difusión son:

Operativa Local	
<b>VDF.OL01</b>	El motorista puede activar mensajes pregrabados en el tren mediante la introducción del código del mensaje o' pulsación de botón dedicado (p.ej. desplácese por los vagones, despejen la puerta...).
<b>VDF.OL02</b>	Debe poder realizarse la carga local de actualizaciones de software y firmware de los equipos, ya sea mediante una conexión física con el PC y software correspondientes.

Otra operativa	
<b>VDF.OO01</b>	Integración del sistema de video difusión con el sistema de comunicaciones del que dispone la línea.
<b>VDF.OO02</b>	Integración con el sistema de telemando de tráfico en el CCM.
<b>VDF.OO03</b>	Envío a los trenes de forma independiente del vídeo y de los mensajes (fijos y/o móviles).

<b>VDF.OO04</b>	El sistema de video difusión tiene que poder gestionar los gráficos de línea de siguiente parada, de forma coordinada con el anuncio de próxima estación.
<b>Operativa Remota (Centros de Control)</b>	
<b>VDF.OR01</b>	Volcado de contenido y modificación de mensajes de forma remota mediante red WiFi, 4G, etc.
<b>VDF.OR02</b>	Desde CCM se pueden enviar contenidos puntuales (desalojar el tren por retirada, stop en la línea, etc.)
<b>VDF.OR03</b>	Edición rápida de contenidos y volcado remoto en trenes en tiempo real, cuando los trenes están en las cocheras al final de línea y/o cuando los trenes están en las cocheras por las noches.
<b>VDF.OR04</b>	Desde el Repositorio Central del Centro de Control debe poder realizarse la carga remota de actualizaciones de software y firmware de los equipos.

<b>Registro</b>	
<b>VDF.RE01</b>	Se debe almacenar un log de mensajes enviados al sistema de video difusión.

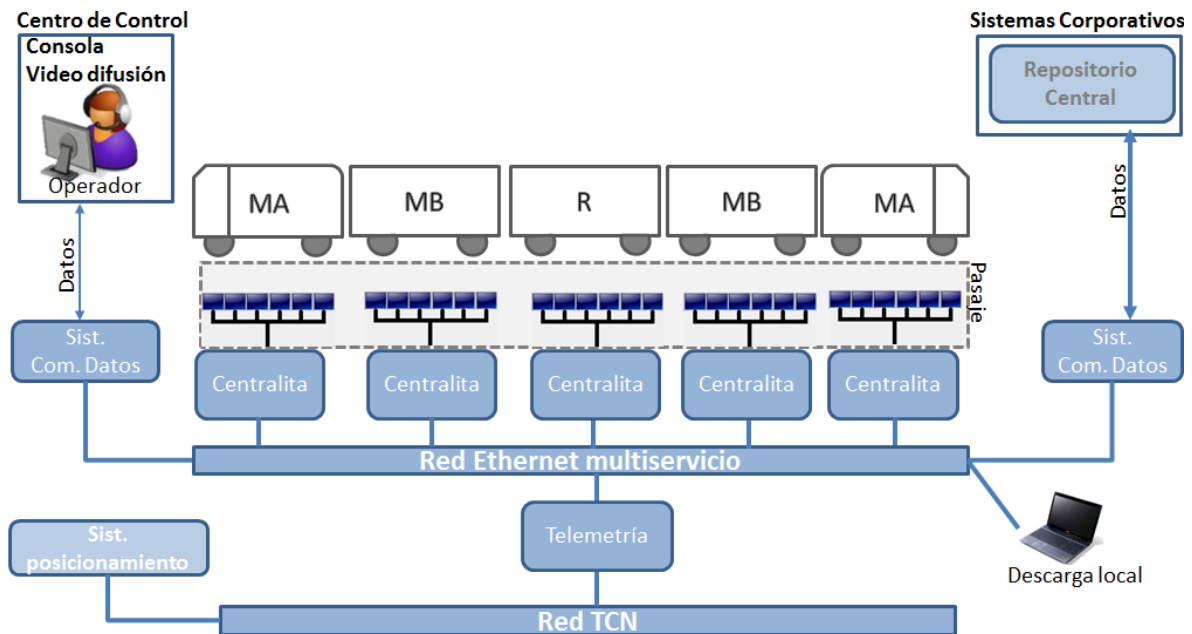
<b>Mantenimiento</b>	
<b>VDF.MT01</b>	El sistema de video difusión debe poder reportar su estado y alarmas a un sistema global embarcado de monitorización de alarmas.
<b>VDF.MT02</b>	El sistema de video difusión a debe reportar su estado y alarmas a un panel de control en la cabina del motorista.
<b>VDF.MT03</b>	El sistema de video difusión debe reportar su estado y alarmas a los Centros de Control.
<b>VDF.MT04</b>	El sistema de video difusión debe poder reportar un histórico con su estado y log de alarmas al Repositorio Central del Centro de Control. En este caso debe poder empaquetar la información y enviarla al sistema que se lo solicite, según el protocolo de comunicación, validación y encriptación que se defina.

#### *Operativa Sistema de Video difusión*

El sistema de video difusión debe soportar tanto la operación local (con motorista) como la operación remota (ya sea con motorista o sin él). Debe ser seleccionable si se opera de una forma o de otra. En cualquier caso, las centrales de video difusión son las mismas en ambos casos, variando si acaso únicamente la interfaz de operación y gestión local.

Se debe disponer de un puesto de gestión en el Centro de Control mediante el cual se pueda gestionar la carga de mensajes y contenidos de forma remota. Estos mensajes se almacenarán en los equipos de almacenamiento de alguna de las centrales de video difusión. Tanto desde la pantalla de conducción de cabina como desde el Centro de Control se debe poder lanzar un test a las pantallas de los coches para comprobar la calidad del colorido y su geometría.

La arquitectura debe ser distribuida, que contenga una central de video difusión en cada coche, que puede ser dedicada o compartida con otros sistemas embarcados. El almacenamiento de los contenidos podrá realizarse de forma centralizada en una centralita y de forma independiente en cada una de ellas.



*Ejemplo de esquema del modelo tecnológico para sistemas de video difusión*

Las pantallas se situarán, como mínimo sobre el 50% de las puertas. El tamaño será máximo según espacio disponible y de máxima resolución y sonido. Se instalarán además, al menos, 4 pantallas transversales por coche. En fase de proyecto se definirá junto con FMB la ubicación exacta.

Se dispondrá de un Gestor de contenido abierto y fácilmente integrable con terceros, que permita planificar, automatizar, modificar y segmentar, para cada pantalla por separado o por grupos de estas, todo el contenido en base a cualquier fuente de información, interna o externa, propia o de terceros. Por ejemplo: termómetro dinámico y automatizado (en base a alteraciones planificadas o imprevistas), videos, campañas corporativas, información de servicio, lugares de interés, etc.

#### 2.13.7.1 Centralita de video difusión

Existirá una central de video difusión en cada coche, aunque este hecho no excluye que esta central pueda ser compartida con otros sistemas, como por ejemplo el de video vigilancia.

Cada una de estas centralitas debe controlar las pantallas de video difusión asociadas al coche en cuestión. Las diferentes centralitas deben comunicarse entre sí a través de la red Ethernet embarcada multiservicio. Además, estarán conectadas a la red TCN para reportar sus estados y alarmas.

Los requerimientos técnicos que deben cumplir como mínimo la centralita de video difusión son:

Id	Concepto	Requerimiento
VDF.CEN01	Almacenamiento	El sistema deberá tener capacidad para almacenar, como mínimo, 2 horas de contenidos en formato Full HD (1280 x 720) con capacidad de disco duro de 20 Gb como mínimo.
VDF.CEN02	Alimentación eléctrica	Alimentación eléctrica con fuentes de alimentación (Dual Power Supply), adaptable a las características eléctricas del tren. Consumo inferior a 25W/switch (más el consumo de los elementos que se alimenten por POE).
VDF.CEN03	Ambiental	Temperatura de operación: -25°C a +70°C (EN 50155 Clase T3).
VDF.CEN04	Gestión	Se debe poder operar tanto en forma local como en remota. Permite configurar y gestionar el sistema de video difusión una vez conectado a una centralita del sistema y mediante una conexión de datos permite configurar y gestionar el sistema de video difusión
VDF.CEN05	Homologación	El equipamiento embarcado en los trenes necesitará de una homologación según la normativa EN50155, que permita tanto la instalación en formato rack de la ubicación destinada al tren (cada una de las dos cabinas del tren o compartimentos disponibles los coches), como su conexión al equipamiento actual del tren para las integraciones necesarias.
VDF.CEN06	Normativa	EN61373: Choque y vibración EN50121: Compatibilidad electromagnética

*Requerimientos centralita de video difusión*

#### 2.13.7.2 Pantallas

Se dispondrán de pantallas IP en el interior de los coches, para proporcionar la información complementaria al pasajero.

Los requerimientos técnicos que deben cumplir como mínimo las pantallas son:

Id	Concepto	Requerimiento
VDF.PAN01	Ubicación	La ubicación y el número de pantallas por coche deben permitir visualizar la información emitida desde cualquier punto del coche con comodidad. El número y ubicación exactos se definirá en fase de proyecto.
VDF.PAN02	Distribución	La distribución, forma, tamaño y color permitirán una lectura cómoda en cualquier situación de luz ambiental y a una distancia de 20 m.
VDF.PAN03	Características	Serán resistentes a los impactos y ralladuras y fácilmente desmontables.
VDF.PAN04	Diseño	Posibilidad de conexión en cascada (Daisy Chain u otras).

<b>VDF.PAN05</b>	<b>Alimentación</b>	Alimentación PoE.
<b>VDF.PAN06</b>	<b>Conexión</b>	Se utilizarán conexiones M12.

*Requerimientos pantallas video difusión*

El sistema de video difusión se relacionará con el sistema ATP/ATO y el Tren-Stop, para indicar la siguiente parada en la pantalla.

El sistema de video difusión debe soportarse en el sistema de comunicaciones WiFi para el envío de nuevos contenidos al tren o, en caso de datos críticos, con el sistema de 4G.

La distribución, forma, tamaño y color de las pantallas permitirán una lectura cómoda desde cualquier situación de luz ambiental y a una distancia de 20 metros. Quedaran integradas dentro del revestimiento interior del tren y todas ellas tendrán protección antivandálica. Dichas funcionalidades y características se definirán en la fase del proyecto y deberán de ser aprobadas por FMB.

#### 2.13.8 Señalización número de servicio e indicador de lado apertura de puertas

En cada testera libre del tren se dispondrá de un panel de cuatro dígitos alfanuméricos luminosos para indicar el número de servicio, de una altura aproximada de 15 cm, y fácilmente visible desde el andén.

El número de servicio se señalizará, también, interiormente (una por coche) con el fin de que en caso de incidencia se pueda localizar fácilmente. Dicho número de servicio deberá poder ser programado desde el centro de control a través del canal de comunicación que se defina en fase de proyecto y tendrá comunicación con el sistema embarcado del tren.



*Modelo de propuesta señalización interior número del tren*

Así mismo, a extremo y lado de cada coche se dispondrá de un indicador luminoso Led, tipo flecha como los actualmente instalados en los trenes de FMB, que indique el lado de apertura de puertas. Dicha información será suministrada por el sistema ATP/ATO.

Los equipos constituyentes de este sistema deberán cumplir con las siguientes normas ferroviarias:

- EN50155 (certificación ferroviaria).
- UNE EN 50121-3-2: Aplicaciones ferroviarias Compatibilidad electromagnética.
- EN 61373: Material rodante, Ensayo de choques y vibraciones.

### 2.13.9 Contador de personas

Los trenes irán provistos de un contador de personas por coche de tren.

El sistema deberá permitir saber cuántas personas hay en cada coche en cualquier momento distinguiendo entre aquellas personas que están de pie y sentadas.

El sistema tendrá protección antivandálica y estará integrado en el revestimiento interior de caja.

La precisión del sistema deberá de ser superior al 97%, incluso en situaciones de máxima ocupación del coche, debiéndose demostrar este dato en fase de proyecto.

Deberá de estar provisto de un software que permita monitorear desde el CCM la información en tiempo real, proporcionando información como:

- Número de pasajeros transportados por coche.
- Personas que suben y bajan por estación y coche.
- Alarmas.
- ....

La información será suministrada de manera abierta, permitiendo ello que sea integrada la información en los sistemas corporativos de FMB.

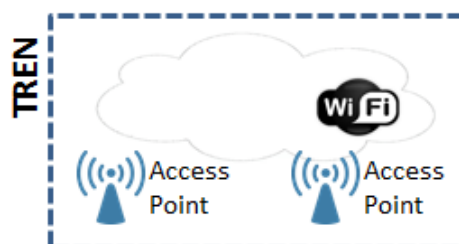
En paralelo existirá un sistema para la medición a través del peso del tren.

### 2.13.10 Sistema wifi interna del tren

Se dispondrá de conectividad y red de datos con una arquitectura de red totalmente autónoma y segregada dentro de la red embarcada de tren.

Será necesario dotar al tren de puntos de acceso WIFI (AP) compatibles con la tecnología 4G/LTE y capacidad para crear distintas VLAN. Se deberá presentar un estudio de cobertura para establecer la ubicación y la cantidad de AP necesarios por coche.

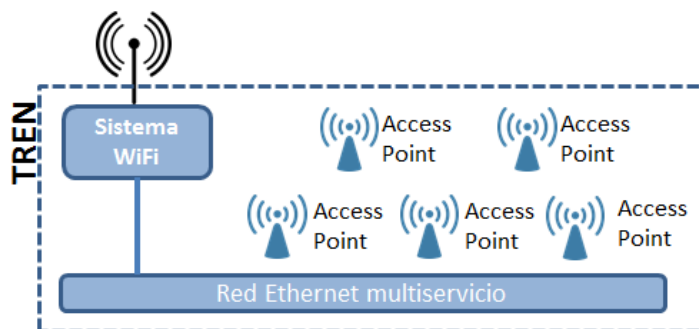
El sistema propuesto deberá poder ser escalable en un futuro.



*Modelo operativo propuesto para el sistema de WiFi interna del tren*

Como propuesta de la solución tecnológica, en las cabeceras del tren se encuentra ubicado el nodo concentrado que contiene un módulo de WiFi.

Se requiere la instalación de puntos de acceso WIFI ofreciendo cobertura a todo el coche, en un futuro, se puede necesitar disponer de dos redes.



*Ejemplo de solución tecnológica sistema WiFi interna del tren*

Los requerimientos técnicos que deben cumplir como mínimo el sistema Wifi son:

Id	Concepto	Requerimiento
WIF01	Normativas y Homologación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe tener el marcado E, compatibilidad electromagnética en automoción, según la directiva CEPE/ONU 10R04 o su equivalente europeo EEC: 12/245*2006/28.</li> </ul>
WIF02	Normativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe cumplir las normativas de radio y telecomunicaciones vigentes, 1999/5/CE.</li> </ul>
WIF03	CE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe contener la declaración de conformidad CE de acuerdo con las directivas comunitarias de baja tensión, compatibilidad electromagnética, seguridad de máquinas y todas aquellas que pudieran aplicar al suministro.</li> </ul>
WIF04	Ensayos Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura interior del equipo 0° a 70°C.</li> <li>• EN-60068-2-1: Frio.</li> <li>• EN-60068-2-2: Calor Seco.</li> <li>• EN-60068-2-6: Vibración (Ensayo Fc-Sinosoidal).</li> <li>• EN-60068-2-11: Niebla Salina.</li> <li>• EN-60068-2-30: Humedad.</li> </ul>
WIF05	Ensayos Inmunidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN-61000-4-2: Descargas Electrostáticas (ESD).</li> <li>• EN-61000-4-3: Campos electromagnéticos de alta frecuencia radiados.</li> <li>• EN-61000-4-4: Transitorios rápidos en ráfagas (BURST).</li> <li>• EN-61000-4-5: Impulsos de alta energía u ondas de choque (SURGES).</li> <li>• EN-61000-4-6: Campos electromagnéticos de alta frecuencia conducidos.</li> <li>• EN61000-4-8: Compatibilidad electromagnética.</li> <li>• EN61000-4-12: Compatibilidad electromagnética.</li> </ul>
WIF06	Ensayos Emisión radiada y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN-55022: Emisiones radioeléctricas – Emisión conducida. Medida de la tensión perturbadora de continua en bornes de alimentación (Clase B).</li> </ul>



	<b>conducida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN-55022: Emisiones radioeléctricas – Emisión radiada. Medida del campo perturbador radiado (Clase B).</li> </ul>
<b>WIF07</b>	<b>WiFi Alliance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WiFi CERTIFIED* 802.11ac, WiFi CERTIFIED* a/b/g, WiFi CERTIFIED* n, WMM*, WPA*, WPA2*</li> </ul>
<b>WIF08</b>	<b>Estándares</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IEEE WLAN Standards: IEEE 802.11abgn, 802.11ac, 802.11d, 802.11e, 802.11i, 802.11h, 802.11w LTE, DC-HSPA+, HSPA+, HSPA, UMTS, EDGE, GSM/GPRS</li> </ul>
<b>WIF09</b>	<b>Bandas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe soportar como mínimo las bandas Europeas y en concreto las bandas españolas actuales y futuras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• GSM: 900 y 1800 MHz.</li> <li>• 3G: 900 y 2100 MHz.</li> <li>• LTE: 800(B20), 1800(B3) y 2600(B7) Mhz.</li> </ul> </li> </ul>
<b>WIF10</b>	<b>Encriptación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe ser compatible con encriptación 64-bit, 128-bit AES, CCMP, TKIP.</li> </ul>
<b>WIF11</b>	<b>Potencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia máxima 2.4Ghz 19dBm, 5Ghz 18dBm (high power 27dBm).</li> </ul>
<b>WIF12</b>	<b>QoS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LTE Quality of Service.</li> </ul>
<b>WIF13</b>	<b>Voz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VoLTE/CSBF sobre 3G/2G/CDMA.</li> </ul>
<b>WIF14</b>	<b>Redundancia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cableado, topología de conexión y cualquier elemento que se identifique como crítico e implique la existencia de puntos únicos de fallo (SPOF).</li> </ul>

#### Requerimientos sistema WiFi interno

##### 2.13.10.1 Access Point

Los Access Point deberán cumplir las normativas pertinentes en exposición RF en materia de distancia mínima a las personas.

Deberán tener la suficiente distancia entre ellos para evitar las interferencias.

Deberán tener las normativas y homologaciones para su instalación en vehículos de pasajeros.

El cableado deberá cumplir las especificaciones del fabricante de la antena.

Se deberá aportar un esquema de radiación para dotar de cobertura WiFi a todos los coches de FMB y minimizar la radiación hacia el exterior que pueda ocasionar interferencias a la red WiFi de depósitos.

Se deberá aportar un esquema de radiación óptimo para maximizar la cobertura con las antenas de los AP's de los depósitos de FMB.

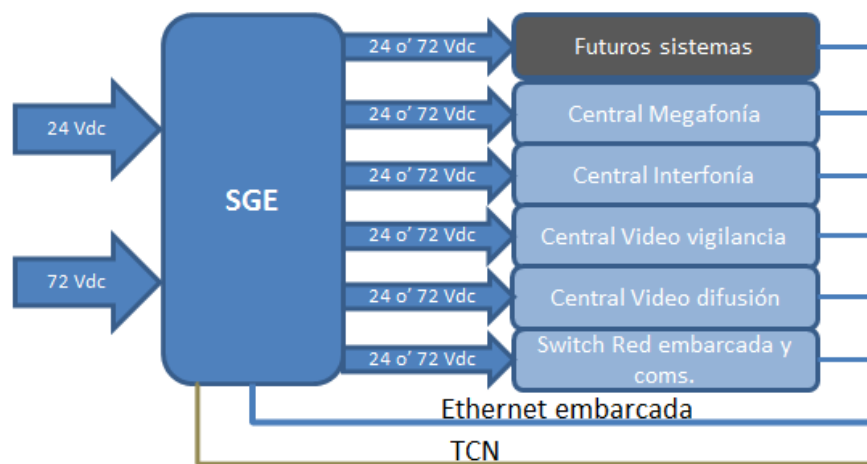
Los Access Point reportarán su estado operativo al sistema de monitorización y gestión embarcada del tren a través de la red embarcada. Tendrán la capacidad de chequear automáticamente la existencia de nuevas versiones de software o firmware almacenadas en el Repositorio Central y permitirán la comunicación de control y mando desde el sistema de monitorización. Además, tendrán la capacidad de enviar un registro de log y alarmas.



### 2.13.11 Sistema gestor de energía

Existirá un Sistema Gestor de Energía (SGE) instalado en cada coche que se encargue de controlar el encendido y apagado de los distintos equipos tecnológicos embarcados en el tren que pudiesen requerir seguir operativos durante un tiempo tras la desconexión de la llave de mando y el apagado del tren, el cual deberá de ser programable por FMB y que por defecto será 1 hora.

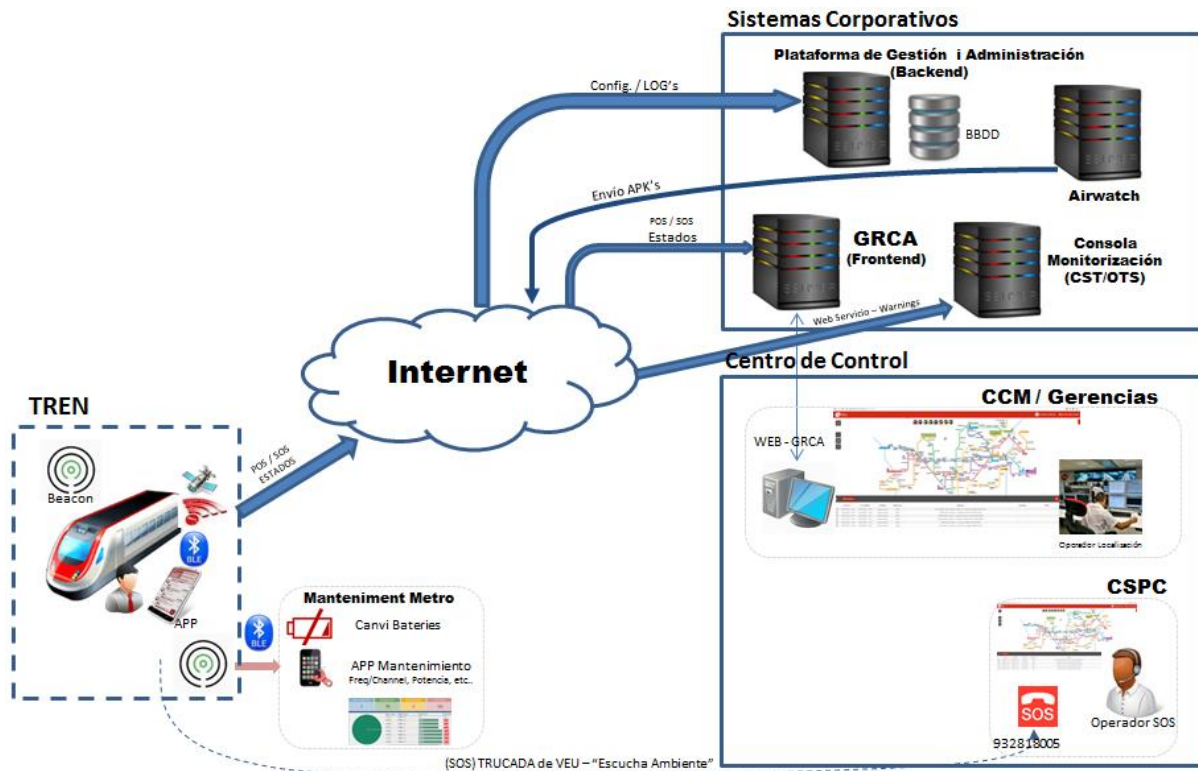
Este equipo se encargará de controlar el gasto energético y de cortar el suministro eléctrico a los sistemas tecnológicos embarcados cuando estos hayan finalizado todas sus tareas y no tengan pendiente ningún envío/recepción de información desde los sistemas centrales.



*Sistema Gestor de Energía de un coche*

### 2.13.12 Localización de personas embarcadas

En cuanto a la operativa para el sistema de localización de personas, se muestra el esquema general propuesto:



*Modelo operativo propuesto para el sistema de localización de personas*

En la operación diaria de FMB se hace imprescindible conocer la posición de los diferentes colectivos. Se pretende automatizar el proceso de localización de personal embarcado para que éste sea eficiente sin necesitar realizar acciones manuales ya que al automatizar los procesos de gestión y el análisis de datos se permite tomar decisiones más rápidamente.

En este apartado se muestra un ejemplo de la arquitectura del modelo tecnológico:



*Ejemplo de esquema del modelo tecnológico para el sistema de localización*

#### 2.13.12.1 Beacons Bluetooth

La ubicación y el número de Beacons situados en el interior de los coches será el suficiente para que cubra la totalidad de los coches, incluidos los pasillos de intercomunicación. Se debe aportar un estudio de cobertura para analizar el número de Beacons a instalar.

La sujeción de los Beacons se realizará con tornillos de fijación.

Los Beacons deben ser inventariados en GIS y cada instalación de Beacon será fotografiada y registrada en una ficha (Excel) junto su @MAC, ubicación técnica y zona que cubre.

Los requerimientos generales de la solución tecnológica se enumeran a continuación:

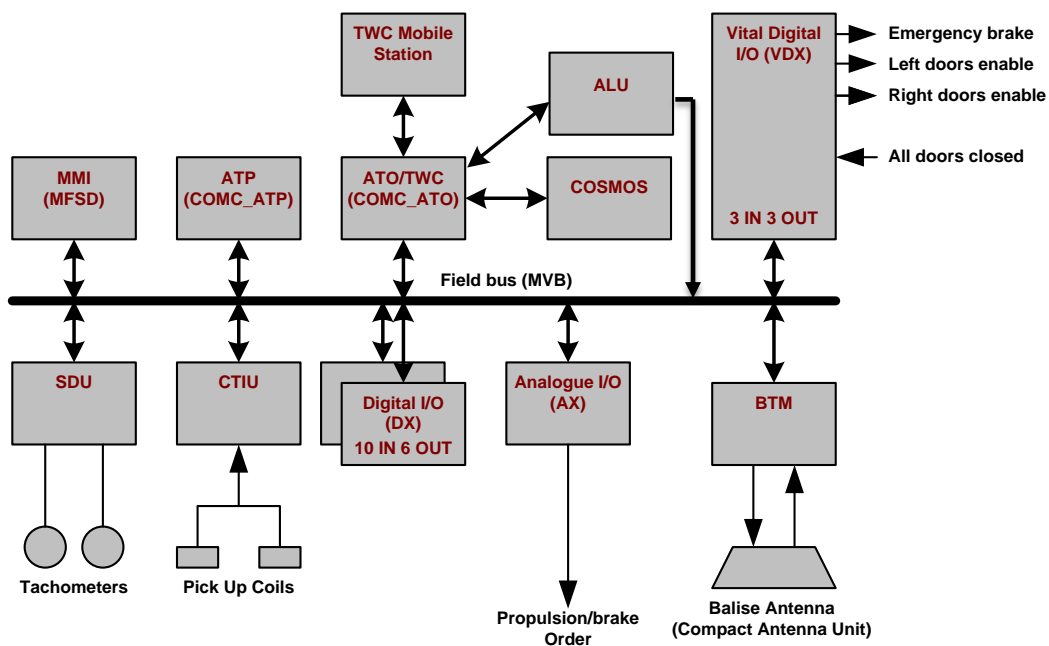
Id	Concepto	Requerimiento
LOP01	Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standard Bluetooth 4.0 o superior.</li> <li>• Abasto mínimo de 50 m y 70 sin obstáculos.</li> <li>• Duración mínima de 6 años (preferiblemente 8), con una premisa de emisión de 800 ms y a potencia máxima.</li> <li>• Baterías de gran duración, preferiblemente de litio y mínimo 5000 mAh.</li> </ul>
LOP02	Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compartimento de las baterías no accesible desde el exterior.</li> <li>• Anti-vandálicos y con fijación para tornillos.</li> <li>• Medidas no superiores a 90x90x30.</li> <li>• Resistente al agua.</li> <li>• Visualización LED del estado de funcionamiento del Beacon con posibilidad de configuración on/off y los colores según su funcionamiento.</li> <li>• Ausencia del botón ON/OFF a exterior, el Beacon comenzará a funcionar en el momento de la instalación y no se podrá apagar hasta que no se desinstale físicamente.</li> </ul>
LOP03	Certificación	Certificado en IEEE 802.3
LOP04	Temperatura	Rango de temperatura de -20 a 70°C.
LOP05	Energía	Se adaptará la solución BLE (Bluetooth Low Energy) para reducir interferencias que se puedan producir por otras tecnologías que trabajan en la misma banda de 2,4 GHz dentro del entorno de FMB.
LOP06	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Beacon deberá disponer de algún método para imposibilitar que su MAC o identificación sea copiada o clonada.</li> <li>• La comunicación estará cifrada para evitar actos de piratería. Debe tener mecanismos que eviten el Piggybacking, Hijacking y el Cracking.</li> </ul>
LOP07	Mantenimiento	Se prevé que la infraestructura de Beacons trabaje en stand-alone, por la cual cosa no estarán conectadas a la red de teleproceso de FMB.
LOP08	Otros	La ubicación técnica y geográfica de cada Beacon se inventariará en el GIS de FMB que actúa como repositorio general y fuente de información inter-departamental.

*Requerimientos Beacon*

## 2.14 SISTEMA TREN-STOP, ATO Y ATP (O)

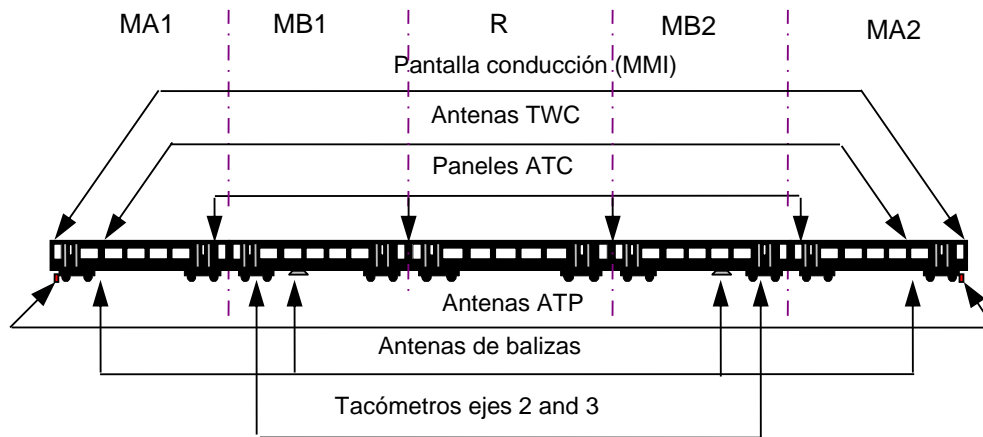
En las líneas 1 y 3 el sistema de señalización es el sistema ATP-ATO BOMBARDIER EBICAB 800.(GoA2).

Las series 5000 y 6000 actualmente en servicio en L1 y L3, disponen de dos cabinas primarias, cada cabina es un sistema completo ATP/ATO. La arquitectura se presenta en la figura siguiente a modo de referencia:



Configuración HW de los trenes de la serie 5/6000

La distribución de los equipos actuales se representa a modo de referencia en la siguiente figura:



Distribución de los equipos ATP/ATO en los trenes de la serie 5-6000

A continuación se describe la distribución actual del sistema a modo de referencia:

- En los coches motores MA se encuentran presentes los módulos CTIU, MMI, COMC\_ATO, VDX, DX, la estación de radio móvil 2, las antenas TWC en el techo, un power splitter, 2 botones de salida de ATO, Junction Box, y llave especial.
- En los coches motores MB se encuentran los módulos DX, VDX, por un lado y SDU y BTM (MTI en series 3000 y 4000) distribuidos en 2 paneles diferentes, además de 2 tacómetros por cada equipo ATP/ATO y las correspondientes cajas de conexión.
- En el coche remolque R se encuentran los dos módulos COMC\_ATP, DX y AX correspondientes a los dos sistemas ATP/ATO.
- Las antenas ATP y tacogeneradores irán instalados en los bogies.
- Las antenas baliza ATO irán instaladas bajo bastidor.
- Las antenas de radio ATO irán instaladas en techo.

## 2.14.1 ATP Y ATO

Todo el diseño, instalación, adaptación y pruebas de la implementación de estos equipos en el tren irán a cargo del Adjudicatario incluyendo soportaría, cableado y pruebas de validación. Así mismo, el Adjudicatario también deberá:

- Suministrar los cables de interconexión de las unidades ATP/ATO y de conexión con el resto del tren. (Interfaces y cables de alimentación).
- Realizar las pruebas de instalación de interfaces ATP/ATO – Tren previas a las pruebas serie.
- Fabricar e instalar los soportes de Antena CAU y PUC. Cumpliendo con las especificaciones de instalación de los equipos.
- Todos los cofres y armarios necesarios para la protección de las unidades ATC.

FMB facilitará al Adjudicatario únicamente los equipos de ATP-ATO a instalar que serán los que prestan servicio actualmente en los trenes de la s/3000-4000. El Adjudicatario será responsable del diseño de implantación de dichos equipos en el tren, así como de asegurar que se cumpla la funcionalidad actual del equipo EBICAB 800 en los trenes ofertados.

El Adjudicatario será el responsable de las pruebas en fábrica del equipo ATP, así como del diseño del interface de dichos equipos con el tren, incluyendo en la oferta todos los elementos necesarios para que el sistema EBICAB 800 tenga al menos las mismas funcionalidades en el tren ofertado que en los actuales trenes de la s/4000 y 3000 que circulan por línea 1 y línea 3.

El Adjudicatario participará en todas las pruebas de integración y validación del sistema y será responsable de la integración final del sistema en el tren.

El sistema ATP actualmente proporciona al equipo anunciador de estaciones la información de la siguiente estación de la línea a la que se dirige el tren, para indicar el lado de apertura de puertas. Dicha funcionalidad deberá mantenerse y por tanto el tren se diseñará para gestionar el anunciador de estaciones con dicha información y en paralelo la que también se suministra por el Tren Stop..

Los datos de ATP deberán ser accesibles desde el bus de datos del tren y tendrán la información necesaria para poder reproducir el sistema MMI en tiempo real.

No se instalarán cajas de conexión en elementos solidarios al bogie para evitar deterioro por vibraciones.

Todos los elementos constituyentes de este sistema deberán cumplir con la norma “EN 61373 Material rodante, Ensayo de choques y vibraciones”.

#### **2.14.2 Tren – Stop**

En todos los trenes se deberá implementar un sistema Tren-Stop compatible con las señales emitidas por las balizas SEPSA de las líneas a los que van destinados. Este sistema está concebido como una protección puntual universal para todas las líneas.

El equipo deberá proporcionar, entre otras posibles, las siguientes funciones:

- Protección antirrebase de semáforo rojo.
- Protección frente a exceso de velocidad del tren, en los puntos donde se encuentren balizas de vía limitadoras de velocidad.
- Proporcionar al equipo anunciador de estaciones la información de la siguiente estación de la línea a la que se dirige el tren, para indicar el lado de apertura de puertas.
- Actuar sobre la maniobra de selección de lado de apertura de puertas de pasaje, impidiendo la selección y por tanto la apertura de puertas en las estaciones por el lado donde no exista andén.
- Detectar la pérdida de captación de balizas.

- Actuar en el lazo de freno cuando no detecte una baliza de semáforo entre balizas de estaciones.
- Actuar en el lazo de freno cuando exceda la distancia a la que debía de encontrar la baliza de reseteo y carga de distancia (estación).
- Control bidireccional de vías de acceso a talleres y apartaderos (puntos singulares).
- Inhibirse cuando el equipo ATC está activo.

El rebase de semáforo rojo de entrada a taller se podrá realizar si lo autoriza la baliza de punto singular situada antes de la baliza asociada al semáforo. En caso contrario, el tren se frenará al captar la baliza de semáforo rojo. La salida del tren hacia la línea estará controlada por la baliza de semáforo, sin influencia de la baliza de punto singular.

Cuando el equipo Tren-Stop se deslocalice, se impedirá la selección y por tanto la apertura de puertas en ambos lados, informando al motorista de esta situación a través del sistema de monitorización. En estas condiciones, para poder ordenar la apertura de puertas, se deberá accionar previamente un dispositivo de seguridad de reconocimiento de que el equipo Tren-Stop se encuentra deslocalizado. El accionamiento de este dispositivo estará registrado en el equipo caja negra.

El equipo de Tren-Stop podrá integrarse con los sistemas de megafonía y anunciador de estaciones del tren.

El equipo Tren-Stop deberá poder detectar un mal funcionamiento de sus elementos (antenas, tacos, etc.) en cualquier momento, informando en el puesto de conducción (pantalla de monitorización a través del sistema informático del tren). Las variables asociadas a estos estados estarán disponibles en la red informática del tren.

Si fuese necesario ajustar diámetro de ruedas en los ejes donde estén ubicados los captadores de velocidad se deberá poder introducir el valor numérico desde la desde el puesto de conducción por pantalla de monitorización y del propio equipo Tren-Stop.

Este valor estará acotado entre los máximos y mínimos admisibles por la rueda, no permitiendo introducir valores fuera de estas cotas.

Cada puesto de conducción dispondrá de un interruptor luminoso “bypass” de anulación de Tren-Stop de color rojo. Este pulsador estará debidamente precintado, siendo del mismo modelo que el resto de pulsadores de bypass utilizados en el tren.

Dispondrá de un pulsador de rearme de tal manera que se pueda efectuar dicho rearme de una manera rápida, segura e intuitiva desde el puesto de conducción.

Cuando se active el pulsador “Anulación de Tren-Stop” en el puesto de conducción con mando de tren, quedará anulada la intervención del sistema de Tren-Stop en el lazo de emergencia. Dicha anulación será mostrada al conductor en la pantalla de monitorización a través del sistema informático del tren.

Cuando la actuación del Tren-Stop frene el tren (por apertura del lazo de emergencia) será posible rearmar el equipo accionando el pulsador de rearme Tren-Stop, desde el puesto de conducción con mando, desfrenando el tren si ha desaparecido la causa que la provocó.

El equipo de Tren-Stop estará conectado al bus del sistema informático del tren para informar del estado del equipo, así como de los eventos de funcionamiento al personal de mantenimiento, mediante las herramientas software suministradas por el Adjudicatario.

Dispondrá de entradas “hardware” para que equipos externos puedan efectuar el rearme, inhibición, anulación y todas aquellas funciones que sean necesarias como interface para el Tren-Stop.

El equipo caja negra del tren registrará como mínimo las siguientes señales del equipo Tren-Stop:

- Anulación del Tren-Stop.
- Activación del dispositivo de reconocimiento de Tren-Stop deslocalizado.
- Demanda apertura de lazo por Tren-Stop (una señal por cada causa).
- Rearme del Tren-Stop.
- Tren-Stop autorización de rebase de semáforo rojo.
- Tren-Stop semáforo rojo.
- Tren-Stop semáforo verde.
- Tren-Stop velocidad.
- Baliza inhibidora.
- Punto singular.
- Otras señales que posteriormente FMB considere convenientes en la fase de proyecto.

El Tren-Stop dispondrá de una memoria interna no volátil de registro de eventos de funcionamiento del equipo. Los eventos memorizados y datados estarán acompañados del contexto de señales necesario para su correcta interpretación.

Se proporcionará un software que trabajará en entorno Windows para facilitar el volcado del registro de fallos a un Ordenador Portátil, así como la interpretación y presentación de los datos. Dicho software deberá ser sometido a la aprobación de FMB.

El equipo dispondrá de conexión USB o ETHERNET para la extracción de dichos registros a 1Mb/s como mínimo. También se deberá poder efectuar la extracción de datos desde el puesto de conducción por medio del sistema informático de tren.



Cuando estos trenes circulen por Líneas con balizas de Tren-Stop en vía, estará activo uno de los dos sistemas de seguridad para la protección de circulación del tren: Tren-Stop (puntual) o ATP (continuo). Para ello se diseñará el equipo Tren-Stop, de modo que cuando el ATP se encuentre operativo se inhiban las protecciones de rebase disco rojo, exceso de velocidad en puntos limitados por baliza de velocidad, y cualquier otra situación que pueda provocar la apertura de lazo por el equipo Tren-Stop. Será así atendiendo al criterio de que en este caso es el equipo de ATP el que protege al tren en su desplazamiento. El resto de funciones del equipo Tren-Stop deberán permanecer activas. Cuando el ATP no esté operativo (en modos M+25 o llave especial), de forma automática se activarán todas las funciones del Tren-Stop que protegen el desplazamiento del tren. A tal efecto, el Adjudicatario implementará en el tren una comunicación fail safe entre el equipo de ATP y el equipo de Tren-Stop, que garantice la conmutación automática de ambos sistemas según lo especificado anteriormente.

La conducción en llave especial estará limitada a la velocidad que se defina en fase de proyecto y incorporará un bypass para mantenimiento.

## 2.15 SISTEMA DE DETECCIÓN DE DESCARRILO

El tren ofertado deberá estar diseñado para una automatización en nivel GOA4 y por tanto deberá considerar en su diseño la instalación en un futuro de un sistema de detección de descarrilo. La detección deberá ser por eje.

Dicho sistema deberá estar preinstalado en el tren, de forma que solo sea necesario la implementación de los equipos.

En fase de oferta se valorará la presentación de la solución previstade la instalación completa final del detector de descarrilo, con todos los elementos necesarios para su funcionamiento y su implantación en el tren. Dicha oferta deberá estar técnicamente justificada.

### 3 SISTEMA DE TELEMONITORIZACIÓN Y TELEMANDO DE TREN

#### 3.1 INTRODUCCION

La telemonitorización de los trenes deberá hacerse de dos maneras:

- Mediante una plataforma de telemonitorización toda la flota de trenes objeto del suministro.
- Mediante la plataforma Digital Train de FMB.

El sistema suministrado por el ofertante deberá realizar como mínimo las funciones especificadas a continuación para el Digital Train de TMB y deberá integrarse con dicha plataforma y compartir toda la información algorítmica que gestione en todos los puntos requeridos por FMB. El sistema de telemonitorización del adjudicatario enviará los datos mediante la red de comunicaciones propia o la que se defina en fase de proyecto. (actualmente es a través de telefonía 4G).

En fase de oferta el adjudicatario deberá definir detalladamente el sistema propio de telemonitorización.

La plataforma Digital Train permite conocer en tiempo real el estado del tren, el pasaje y el estado de la infraestructura a partir de:

- La información publicada en el bus de tren accediendo a un puerto del sistema informático embarcado del tren.
- Sensores externos dispuestos en una red dedicada para monitorizar la infraestructura y elementos externos al tren desde los trenes.

La arquitectura de la plataforma Digital Train implantada en FMB es la siguiente:

- Hardware embarcado:
  - PC ferroviario que incluirá gateway de red MVB a Ethernet.
  - Antenas y cableado entre equipos.
- Software embarcado: Recibe, filtra, procesa y analiza toda la información que le llega proveniente del tren, a través del gateway y, mediante la entrada Ethernet del PC.
- Comunicaciones: Envía la información establecida como útil y necesaria a través de la red WiFi o 3G/4G.
- Servidor centralizado cloud: El sistema dispone de un servidor centralizado tipo “cloud” al que se envía la información de salida desde todos los trenes, debidamente configurada y estructurada. Este servidor centralizado será el encargado de analizar todos los datos recibidos de los trenes y de almacenar la información en una Base de Datos Relacional.
- Visualización: Se dispone de una interfaz de visualización del sistema en entorno web, accesible desde cualquier dispositivo.

FMB entregará al Adjudicatario todo el hardware embarcado necesario para la implantación del Digital Train en los trenes objeto de esta licitación. Será responsabilidad del Adjudicatario la implantación de dicho hardware en el tren.

Las funcionalidades principales de la plataforma “Digital Train” son:

- Información en tiempo real del estado del tren.
- Predicción de averías afectando al servicio
- Modelos de mantenimiento predictivo y basados en condición
- Aplicaciones dirigidas al cliente final
- Monitorizado de elementos de vía.
- Monitorizado del consumo de energía.

Los modelos de visualización son tipo web, multiplataforma y fácilmente configurables con softwares de mercado. Por tanto la plataforma se adapta a cualquier tipo de tren.

### **3.2 REQUISITOS DE COMPATIBILIDAD CON LA PLATAFORMA DIGITAL TRAIN®**

Para poder disponer del sistema Digital Train de FMB los trenes objeto de este pliego dispondrán de las siguientes características:

- a) Transmisión en tiempo real de toda la información a la conducción disponible para el motorista.
- b) La información de los sistemas conectados al sistema informático embarcado y a su red de comunicación TCN o Ethernet, donde los diferentes sistemas publicarán toda la información relativa al funcionamiento de los mismos.
- c) Toda la información de ayuda al motorista y que está disponible en el puesto de conducción (IHM), así como las alarmas e información de mantenimiento que disponga cada equipo. El tren dispondrá de un puerto de sólo escritura donde el Digital Train recogerá la información del bus del tren y de la red Ethernet de forma segura, puesto que no podrá escribir y por lo tanto no puede afectar de ninguna forma al funcionamiento del tren.
- d) El espacio y la preinstalación necesaria para permitir una rápida instalación de los equipos necesarios por esta plataforma.
- e) La red para permitir la instalación de sensores por monitorizar elementos internos y externos a los trenes.

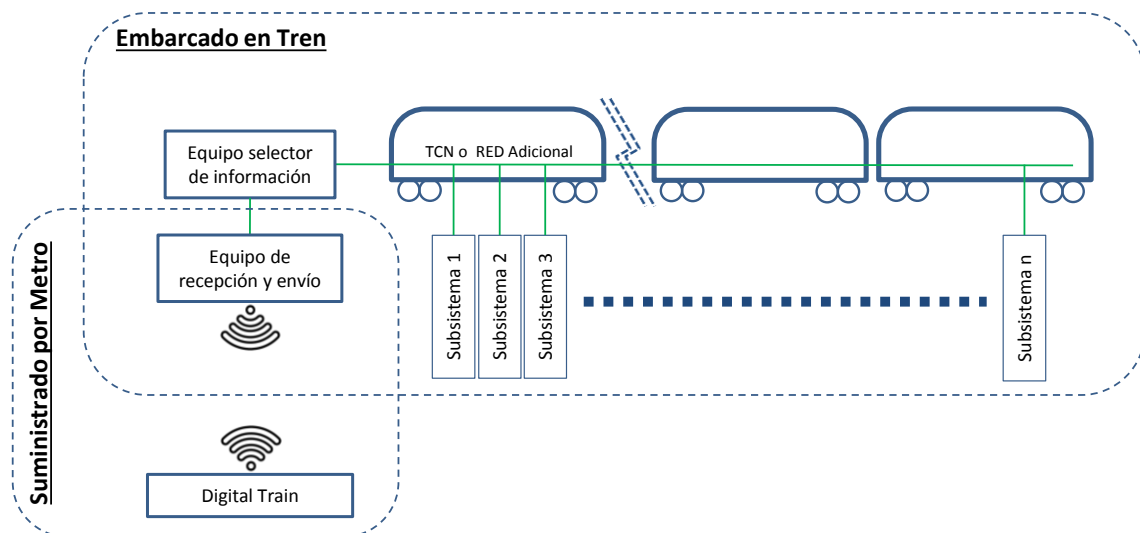
### 3.3 PUBLICACIÓN DE VARIABLES EN LA RED TCN PARA DIGITAL TRAIN

En la red de comunicaciones TCN se publicará la información necesaria para identificar y localizar el tren en cada momento. Número de cada coche, número de circulación, código de vía, código de línea/itinerario, código de próxima estación, código de próxima estación con parada, distancia recorrida por el tren desde la puesta en marcha con resolución de metros, punto kilométrico donde se encuentra el tren.

Todos los elementos de las dos cabinas tendrán que publicar en la red embarcada la información necesaria para poder hacer una réplica exacta del panel de conducción. En concreto, los botones pulsadores tendrán que publicar el estado del actuador (pulsado / no pulsado) y el estado del indicador (encendido/apagado). Se tendrá que publicar en la red informática en todo momento el estado en que se encuentran el manipulador, el inversor de marcha y el número de motorista. Toda la información requerida para visualizar el HMI, incluidos los eventos, estarán publicados en algún puerto de la red embarcada. La información requerida para saber el estado de todas las agujas indicadoras tiene que estar publicada. La información aquí mencionada es simplemente un punto de referencia, pudiéndose ampliar en cualquier momento pero en ningún caso se puede omitir alguna de las variables requeridas.

### 3.4 VARIABLES DEL PROPIO TREN

Cada uno de los subsistemas deberá publicar en la red embarcada, todas las variables que el mismo utilice para su funcionamiento interno. Durante la fase de proyecto se detallarán las variables disponibles para validar, añadir o modificar el listado.



La información se estructurará en base a los puertos lógicos mapeados de la red de tren.

Se podrá utilizar la propia TCN o, si el volumen de información no lo permite, se utilizará la segunda red ETHERNET dedicada a este fin.

Del total de variables disponibles se podrán escoger cuales y con qué frecuencia se enviarán al sistema remoto de monitorizado de trenes.

El sistema debe ser capaz de enviar, simultáneamente, todos los puertos de la red de tren con una frecuencia de envío mínima de cada puerto igual a la frecuencia de refresco del puerto, dentro de la propia red de tren.

Toda la información seleccionada se enviará al equipo embarcado de procesado y envío, que dispondrá FMB, a través de una salida Ethernet.

Se deberá entregar una tabla donde se haga referencia a la localización y descripción exhaustiva de todas las variables dentro de la estructura de la red de tren.

Todos los interruptores magnetotérmicos del tren dispondrán de una salida conectada a un PLC que publicará en la red embarcada el estado de todos ellos.

En la red embarcada se publicará el estado de todos los lazos del tren y el estado de las variables que conforman cada uno de los lazos.

Los equipos de climatización o los sensores de temperatura utilizados tendrán que publicar en la red embarcada los valores de temperatura de cada coche donde estén ubicados tanto temperatura interior como exterior.

Todos los equipos embarcados tendrán que publicar la versión de software/firmware y, en caso de que aplique, versión de los ficheros de configuración.

Será obligatorio que se publique en la red TCN todas las variables de al menos los siguientes equipos:

- Tracción.
- Unidad de control de Freno.
- Unidad de control de Convertidores de tracción.
- Unidad de control de Convertidores auxiliares
- Unidad de control Puertas de acceso.
- Unidad de control de Aire Acondicionado de sala.
- Unidad de control de Aire Acondicionado de cabina.
- Registrador de eventos.
- Unidad de control sistema ATP/ATO.
- Unidad de control Radio.
- Unidad de control Sistemas de información y video información al viajero.
- Unidad de control de Sistema de videovigilancia.
- Unidad de control sistema detección de incendios.
- Panel de conducción (pupitre, IHM, etc.).

### 3.5 VARIABLES RELACIONADAS CON LA INFRAESTRUCTURA Y SUS INSTALACIONES

Los equipos embarcados de señalización ATP y ATO también publicarán información en la red embarcada del tren que permitan analizar averías y problemáticas relacionadas con estos sistemas entre otros (y a modo de ejemplo):

- Alarmas de pérdida de precisión de punto de parada ATO fuera de límites.
- Alarmas de deslizamiento en marcha ATO.
- Pérdidas de balizas de ATO.
- Pérdidas de códigos de ATP.
- Carece de portadora de ATP, no válida etc.,
- ...

Los equipos embarcados de radio también publicarán información en el bus de tren información como cambio de portadora en recepción, niveles o carencia de portadora, etc.

### 3.6 DISPOSICIÓN ARMARIOS Y ELEMENTOS AUXILIARES PARA DIGITAL TRAIN

Para poder instalar los equipos necesarios para el funcionamiento del Digital Train, los nuevos trenes dispondrán de los siguientes requisitos, en los coches MB1 y MB2:

1. Un armario donde se dispondrá, como mínimo, de un espacio correspondiente a un rack 4U de 220 mm, para poder instalar posteriormente los equipos de Digital Train. En dicho armario dispondrá de alimentación a 110 Vdc con toma de tierra. Esta alimentación irá cableada desde el armario de magnetotérmicos del coche donde se utilizará un magnetotérmico reservado de un polo, 4 amperios de corriente nominal y 1 kV de aislamiento y tipo UCK.
2. Un switch conectado en la red Ethernet para equipos embarcados previamente mencionada.
3. Se montará una antena 3G/4G en cada coche y a la vez cableada al armario del mismo coche del punto 1.

El diseño de implantación y montaje será a cargo del Adjudicatario. Los equipos a montar aportados por FMB para el funcionamiento del Digital Train serán únicamente:

- PC es embarcado: Ibase MPT-3000RHVSM.
- Interficie MVB: Duagon MVB/ETH Gateway D503H-I-T-M-HV.

### 3.7 RED PARA MONITORIZAR ELEMENTOS DE LA INFRAESTRUCTURA

Existirá el precableado instalado en un tren de cada línea para poder construir esta red de sensores disponiendo de “n” cables de comunicaciones de la red sensores para monitorizar las instalaciones fijas entre el armario donde se disponen los equipos de Digital Train y cajas intermedias en cada coche y unos puntos de acceso como mínimo en:

- Frontal y cola de tren en techo de tren.
- Frontal y cola de tren bajo bastidor de tren.
- Bajo cada pantógrafo.
- En cada bogie.

En fase de proyecto se definirá el cableado, conectores y sensorización definitiva.

### 3.8 MONITORIZACIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS

El Adjudicatario deberá considerar una sensorización capaz de monitorizar en tiempo real los consumos energéticos que permita obtener:

- Energía de tracción consumida, energía de tracción regenerada, energía de tracción quemada y energía auxiliar consumida.
- Consumo de energía del tren por usos: tracción, iluminación, climatización y otros.

El sistema de monitorización propuesto deberá ser compatible y alimentar las aplicaciones corporativas de seguimiento y control de consumos energéticos de FMB.

### 3.9 TELEMANDOS

Como se ha indicado el tren debe estar preparado para una futura automatización a modo nivel GOA4. Por tanto una de las cuestiones que a considerar en el diseño del mismo es que deberá disponer de una serie de ordenes telemandadas que se puedan gestionar desde el Centro de Control. Para ello, las únicas modificaciones que se deberán hacer sobre el tren será la integración de los sistemas de comunicación tren-tierra que se definan durante el proyecto de automatización, no debiendo haber ninguna modificación mas de hardware o software.

En fase de oferta se deberá presentar un estudio que demuestre técnicamente que el tren ofertado se podrá telemandar desde el centro de control en un futuro. Los ordenes telemandadas mínimas que deberá considerar en dicho estudio serán los siguientes:

TELEMANDO	FUNCIÓN A REALIZAR POR EL TREN
Rearme desbloqueo puerta de evacuación frontal	Cuando se accione manualmente el dispositivo de desbloqueo (con tren parado) de las puertas de emergencia, con las puertas otra vez cerradas será posible que vuelvan a bloquearse tras la recepción de la orden procedente del CCM. Dicha orden provocará el rearme del dispositivo de desbloqueo de emergencia.



TELEMANDO	FUNCIÓN A REALIZAR POR EL TREN
Rearme magnetotérmico de protección batería	En caso de que el magnetotérmico de protección de la batería se abra, será posible su rearme desde el CCM tras la recepción de la orden pertinente desde el CCM.
Conexión remota de los convertidores estáticos.	Los convertidores estáticos se conectarán tras recibir la pertinente orden desde el CCM.
Desconexión remota de los Convertidores estáticos.	Los convertidores estáticos se desconectarán tras recibir la pertinente orden desde el CCM.
Rearme remoto de los equipos de tracción inhibidos	En caso de avería, el equipo de tracción se inhibirá o si fuese necesario se desconectará de la AT de forma automática. Dicha desconexión será anulada cuando se reciba la orden pertinente desde el CCM.
Conexión remota del disyuntor principal	Será posible conectar el disyuntor principal de cada pareja de coches Ma y Mb a voluntad del operador del CCM a través de las órdenes pertinentes.
Desconexión remota del disyuntor principal	Será posible desconectar el disyuntor principal de cada pareja de coches Ma y Mb a voluntad del operador del CCM a través de las órdenes pertinentes.
Anulación remota del freno de servicio de un coche	El freno de servicio del coche seleccionado por el operador del CCM quedará anulado tras la recepción de la orden pertinente.
Inhibición remota de la anulación del freno de servicio de un coche	La anulación del freno de servicio se inhibirá tras la recepción de la orden pertinente procedente del CCM.
Configuración remota del modo de "apertura general de puertas"	El modo "apertura general de las puertas" del tren podrá configurarse desde el CCM para que, sin necesidad de que el pasaje active el pulsador de apertura de cada puerta, éstas se abran en base al lado de puertas seleccionadas por el sistema de señalización. Para ello el operador del CCM enviará la orden pertinente
Configuración remota del modo "apertura individual de puertas"	El modo "apertura general de puertas" del tren podrá cancelarse volviéndose al modo "apertura individual de puertas" (en cada caso del lado que toque según la información recibida del ATC) tras la emisión por parte del operador del CCM de la orden pertinente. En el modo de "apertura individual de puertas" el pasajero debe pulsar el pulsador de puertas para su apertura.
Bypass del lazo de autorización de tracción	Cuando por el motivo que sea se produzca una apertura del lazo de tracción, será posible la anulación (by-pass) de la misma tras la recepción de la orden pertinente desde el CCM
Reposición remota de un tirador de alarma accionado.	El tirador de alarma seleccionado se repondrá automáticamente tras la recepción de la orden pertinente desde el CCM.

TELEMANDO	FUNCIÓN A REALIZAR POR EL TREN
Bypass remoto del lazo de tiradores de emergencia	Cuando por el motivo que sea se produzca una apertura del lazo de tiradores de alarma, será posible la anulación (by-pass) del mismo tras la recepción de la orden pertinente desde el CCM
Recuperación remota del lazo de tiradores de emergencia	Cuando por el motivo que sea se produzca una anulación del lazo de tiradores de alarma, será posible la recuperación (anulación by-pass) del mismo tras la recepción de la orden pertinente desde el CCM
Activación del alumbrado ordinario	Desde el CCM será posible encender el alumbrado ordinario.
Desactivación del alumbrado ordinario	Desde el CCM será posible apagar el alumbrado ordinario.
Apertura de las trampillas de entrada de aire del equipo de aire acondicionado	Desde el CCM podrán abrirse a voluntad del operador del mismo, las trampillas de entrada de aire de los equipos de aire acondicionado
Cierre de las trampillas de entrada de aire del equipo de aire acondicionado	Desde el CCM podrán cerrarse a voluntad del operador del mismo, las trampillas de entrada de aire de los equipos de aire acondicionado
Inhibición pantógrafos semi-unidad	Será posible inhibir (hacer que bajen) los 2 pantógrafos de cada semi-unidad desde el CCM.
Recuperación pantógrafos semi-unidad	Será posible recuperar (hacer que suban) los 2 pantógrafos inhibidos de cada semi-unidad desde el CCM.
Reset remoto de alarma de fuego	En caso de señalización remota de alarma de fuego de nivel 4, deberá ser posible desde el CCM su reseteo por parte del operador del mismo.
Activación remota de la Opción "Videodifusión" en el tren	Será posible activar la videodifusión a bordo del tren desde el CCM
Desactivación remota de la Opción "Videodifusión" en el tren	Será posible desactivar la videodifusión a bordo del tren desde el CCM
Activación remota de la grabación de emergencia.	Será posible activar la grabación de emergencia desde el CCM.
Desactivación remota de la grabación de emergencia.	Será posible desactivar la grabación de emergencia desde el CCM.
Fecha y hora	El CCM remitirá la fecha y hora a los trenes para que una vez recibida, se actualice en todos los equipos de los mismos.
Activación remota de un Intercomunicador de emergencia	Será posible activar remotamente un intercomunicador de alarma para poder escuchar el sonido ambiente recogido por ese intercomunicador desde el CCM.

TELEMANDO	FUNCIÓN A REALIZAR POR EL TREN
Desactivación remota de un Intercomunicador de emergencia	Será posible desactivar remotamente un intercomunicador de alarma para poder escuchar el sonido ambiente recogido por ese intercomunicador desde el CCM.
Emisión remota de un mensaje pregrabado de audio a través de megafonía	Será posible activar la emisión de un determinado mensaje de audio almacenado en el sistema de información al viajero desde el CCM.
Cancelación remota del bypass de la autorización de tracción	En caso de apertura del lazo de tracción y una vez realizado el bypass del mismo desde el CCM, será posible cancelar ese bypass.
Bypass remoto del equipo de control de freno	Será posible desde el CCM y a través de la orden correspondiente, realizar la anulación de la acción del equipo de control de freno sobre el lazo de emergencia.
Recuperación remota del equipo de control de freno	Será posible desde el CCM y a través de la orden correspondiente, eliminar la anulación de la acción del equipo de control de freno sobre el lazo de emergencia.
Activación remota de los equipos de climatización	Desde el CCM, se podrá ordenar en caso necesario y siempre que el tren esté preparado y con AT disponible, la conexión de los equipos de climatización.
Desactivación remota de los equipos de climatización	Desde el CCM, se podrá ordenar en caso necesario y siempre que el tren esté preparado y con AT disponible, la desconexión de los equipos de climatización.
Selección remota de la temperatura de consigna (o nivel) de los equipos de climatización	Desde el CCM será posible seleccionar la temperatura de consigna (o nivel, si hay diferentes temperaturas preseleccionadas) para los equipos de climatización.
Petición de megafonía interior a público desde CCM	El operador del CCM podrá realizar en cualquier momento una megafonía a público a través de los altavoces interiores del tren
Petición de megafonía interior+exterior a público+andén desde el CCM.	El operador del CCM podrá realizar en cualquier momento una megafonía a público y a andén a través de los altavoces interiores y exteriores del tren.
Parada del tren por orden del operador del CCM	En caso necesario, tren en conducción manual fuera de control (vandalismo), el operador del CCM podrá ordenar la parada del tren a través de esta orden remota.
Anulación de la parada del tren por orden del operador de CCM	En caso necesario, un tren en conducción manual (modos manuales del ATC) parado por orden del operador del CCM podrá ser autorizado a continuar circulando en estos modos a través de la pertinente orden remota.

TELEMANDO	FUNCIÓN A REALIZAR POR EL TREN
Emisión a través de los monitores de pasaje de mensajes de texto escritos a tiempo real por el operador del CCM	Será posible desde el CCM enviar mensajes de texto escritos on-line por el operador de CCM que serán mostrados al pasaje a través de los monitores del departamento de pasajeros.
Test cadena de envío de telemandos y de recepción de alarmas	Desde el CCM será posible hacer un test que confirme la disponibilidad de toda la cadena de envío de telemandos y de recepción de alarmas al tren y desde el tren respectivamente
Interrogación estado de las alarmas del tren	En caso necesario será posible recuperar desde el CCM la información relativa al estado de las alarmas de un tren

En fase de proyecto el Adjudicatario deberá demostrar que desde un telemando de pruebas aportado por este se pueden realizar todos estos telemandos.

## 4 MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (CBM)

El Adjudicatario deberá incluir un Sistema o Plataforma de Mantenimiento Basado en Condición (CBM) propio capaz de monitorizar continuamente el estado y condición de los componentes considerados críticos del tren ofertado desde el punto de vista del estado físico de los componentes, su seguridad y condición.

Dicho sistema deberá redundar en una mayor fiabilidad, mayor seguridad, mejor condición, mayor utilización, mayor tiempo de actividad y operación reduciendo los costos de mantenimiento (frecuencias, horas/hombre, repuestos) y de oportunidad (mayor disponibilidad de los activos) de los activos ferroviarios al permitir el Mantenimiento Predictivo, que conduce a la reducción de fallos catastróficos, críticos y repentinos de estos activos.

El mantenimiento de los trenes deberá priorizar el mantenimiento basado en condición, si la tecnología es asumible y comisionable, siendo las tareas preventivas ultimo recursos en el caso que la tecnología deje el modo de fallo ciego y por tanto se imponga inspección y/o reemplazo en tiempo o kilómetros.

Los objetivos esperados del CBM son por orden cronológico:

- 1º.- Gestión de alarmas: detectar estado anómalos del activo generando alertas de fallos en tiempo real.
- 2º.- Diagnóstico: detección, localización e identificación del fallo.
- 3º.- Prognosis: predecir la vida remanente. Especificando el horizonte de la prognosis, su precisión e incertidumbre en la predicción
- 4º.- Proponer acciones de mantenimiento a partir de los puntos anteriores. Prescriptivo con diferentes contextos operativos para extensión de vida o mover la actividad de mantenimiento hasta la ventana de mantenimiento deseada.

### 4.1 METODOLOGÍA

Los pasos para la implantación de la Plataforma CBM serán los siguientes:

#### Durante la fase de proyecto:

- 1.- Realización de un análisis RCM de los principales sistemas. Dicho análisis se realizará durante la fase de proyecto y deberá ser validado por FMB. Será condición indispensable para la recepción provisional del primer tren que dicho RCM esté finalizado.
- 2.- Identificación de los modos y causas de fallos detectables y predecibles con la instrumentación comisionada en el tren.

3.- Establecimiento de aquellos sistemas y equipos donde se implantará mantenimiento basado en CBM. Dichos sistemas deberán ser acordados con FMB, y como mínimo serán los que aparecen en el presente pliego de condiciones. Determinación de las variables necesarias y sensorización de las mismas. Proposición de soluciones para la detección de fallos ocultos.

Durante la fase de garantía:

4.- Implantación de CBM basado en los datos contenidos en el bus de comunicaciones del tren (TCMS) y sensorización adicional de aquellos elementos que lo precisen para obtener las variables de estado de equipo relevantes y fallos ocultos.

5.- Análisis y creación de la algorítmica que definirá el mantenimiento basado en CBM. Dichas actividades se harán en un equipo compartido del Adjudicatario con FMB que se definirá al inicio de la fase de garantía. Se especificará el performance de los algoritmos para diagnosis y prognosis preferiblemente usando ensemble como combinación múltiple de algoritmos concurrentes.

6.- Integración de la plataforma CBM con el GMAO de FMB (SAP), vinculando las ordenes de trabajo de mantenimiento con la plataforma CBM.

Posterior a la fase de garantía (hasta 10 años posteriores a la entrada en servicio del primer tren):

7.- Mejora y creación de nueva algorítmica (y sensorización adicional y modelización si fuera preciso) para la mejora del mantenimiento basado en CBM, manteniendo el equipo de trabajo creado en la fase de garantía.

Para validar que la implantación de la plataforma CBM es satisfactoria en la fase de garantía se establece como objetivos mínimos:

- Mejora de al menos un 10% la fiabilidad de servicio de la flota respecto a la contractual.
- Mejora de al menos un 10% en los costes ofertados de LCC.

Al final de la fase de garantía se deberá generar un informe donde se indique las actividades desarrolladas y los beneficios conseguidos, así como el plan de trabajo para los siguientes años, que deberá ser aprobado por FMB especificando claramente la integridad de los activos a través de unos KPIs claros asegurando que la función se sigue entregando al final de ese periodo sin merma de la integridad del mismo.

El adjudicatario deberá adecuar el plan de mantenimiento a las mejoras conseguidas por la aplicación del mantenimiento basado en CBM.

Toda la información que se genere incluida la algoritmia durante el proyecto será propiedad de FMB y se proveerá en el language acordado para su ulterior integración en la plataforma.

#### 4.2 CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA CBM

La plataforma CBM estará compuesta por:

- Base de datos masivos
- Herramienta de analítica
- Sensorización
- Plataforma propia de monitorización y análisis en tren.
- Integración con la plataforma Digital train (la plataforma CBM tendrá en consideración la herramienta Digital Train que el tren ya tendrá incorporada y que dispondrá de acceso a todas las variables de la plataforma del Adjudicatario)
- Modulo de presentación de datos para diferentes roles (operación, mantenimiento, analistas de datos, etc.). Dicho módulo estará preparado para ser visible en cualquier tipo de dispositivo móvil o fijo.

Todos los datos recopilados en el tren deberán también pasar a través de la CPU de Digital Train, preprocesados, y serán enviados a la base de datos de FMB y del Adjudicatario (si tuvieran que ser diferentes) mediante la red de comunicaciones de que se disponga (actualmente por telefonía 4G).

La herramienta analítica deberá generar la algorítmica necesaria para la toma de decisiones y el mantenimiento basado en CBM. Toda la algorítmica producida será facilitada a FMB por si esta quisiera integrarla en su propia herramienta. Se deberá especificar cuando se incorporan componentes “Smart”, “edge computing” o “cloud computing” teniendo en cuenta limitaciones de ancho de banda y almacenamiento y con clara ubicación de la analítica comisionada.

La sensórica será preferiblemente sin batería. En caso de precisar batería interna está tendrá una duración mínima de 5 años con facilidad de reemplazo e intercambio. También se procurará que sea inalámbrica, pudiendo transmitir los datos recogidos mediante medios propios o aprovechando la red interna wifi del tren. La sensórica cableada no deberá afectar la mantenibilidad de los componentes donde se encuentra comisionada.

El sistema debe considerar que cualquier cambio en la tecnología de comunicación y la electrónica de los sensores no debe degradar su rendimiento ni debe exigir que FMB esté obligado a cambiar el sistema adquirido para obtener los beneficios previstos. La fiabilidad de la sensorica y electronica de preprocesado tendrá una vida esperada similar a la del tren y calculada acorde a los estandares MIL HDBK 217, FIDES, o similar.

### 4.3 EQUIPOS BÁSICOS A MONITORIZAR

El Adjudicatario deberá considerar la aplicación de técnicas CBM de al menos los siguientes equipos y sistemas. Se adjunta también las variables mínimas a monitorizar:

SISTEMA	VARIABLES A MONITORIZAR
Bogies	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rodamientos caja de grasa (vibraciones).</li> <li>- Rodamientos reductor (vibraciones).</li> <li>- Rodamientos Motores (vibraciones).</li> </ul>
Sistema de aire acondicionado sala	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presiones de alta y baja.</li> <li>- Temperaturas (exterior y retorno).</li> <li>- Estado compresor (tiempo de funcionamiento y consumo eléctrico).</li> <li>- Nivel saturación filtro.</li> <li>- Consumo instantáneo de corriente del HVAC completo.</li> <li>- Consumo de ventiladores.</li> </ul>
Sistema de aire acondicionado sala	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presiones de alta y baja.</li> <li>- Temperaturas (exterior y retorno).</li> <li>- Estado compresor (tiempo de funcionamiento y consumo eléctrico).</li> <li>- Nivel saturación filtro.</li> <li>- Consumo instantáneo de corriente del HVAC completo.</li> <li>- Consumo de ventiladores.</li> </ul>
Sistemas de puertas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variables tarjeta electrónica.</li> <li>- Corriente de motor.</li> <li>- Tensión de motor.</li> <li>- Tiempos de apertura y cierre.</li> </ul>
Moto-compresor de aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presión de salida aire.</li> <li>- Caudal.</li> <li>- Temperatura de salida aire.</li> <li>- Horas de funcionamiento.</li> <li>- Ciclo arranque parada.</li> <li>- Consumo eléctrico motor.</li> </ul>
Secador de aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grado de humedad.</li> <li>- Presiones.</li> </ul>
Batería	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensión.</li> <li>- Corriente.</li> <li>- Temperatura.</li> <li>- Estado de carga.</li> </ul>
Cargador de baterías	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variables eléctricas.</li> </ul>
Convertidor estático	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variables eléctricas.</li> <li>- Variables de autodiagnóstico.</li> </ul>
Electrónica de tracción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variables de autodiagnóstico</li> </ul>
Electrónica de freno neumático	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variables de autodiagnóstico.</li> </ul>



Pantógrafo	- Posición. - Corriente.
TCMS	- Variables de estado.
Sistema de señalización	- Variables de autodiagnóstico.

Se valorará que el Ofertante proponga:

- Implementar nuevos sistemas de monitorización, además de los solicitados en este capítulo, que según informe justificativo ayuden en la mejora del CBM.
- Implementar nuevas variables a monitorización además de las solicitadas en este capítulo y las propias del tren y que necesiten de una sensorización externa y que según informe justificativo ayuden en la mejora del CBM.

#### 4.3.1 Implementación de técnica de mantenimiento basado en fiabilidad (RCM)

Durante la fase de proyecto el Adjudicatario deberá entregar un Análisis de los Modos de Fallo y sus Efectos (AMFE) o un Análisis de los Modos de Fallo, de sus Efectos y Criticidad (AMFEC) de cada uno de los subsistemas con el objetivo de identificar los modos de fallo que representan un mayor riesgo, para posteriormente seleccionar la mejor tarea de mantenimiento, ya sea preventiva, predictiva, correctiva o en su caso acciones adicionales o complementarias. Se define un modo de fallo como la forma en la que un activo pierde su habilidad para desempeñar su función, entrando en el estado de fallo o fallo funcional. Se utilizará como referencia la norma EN13306.

Para llevar a cabo el AMFE, los objetivos de éste (o de un AMFEC) deberán incluir:

- a. Una identificación y evaluación completa de todos los efectos no deseados dentro de los límites definidos del sistema a analizar y la secuencia de sucesos ocasionados por cada uno de los modos de fallo del elemento en los distintos niveles de la jerarquía funcional del sistema, cualquiera que sea su causa.
- b. La determinación de la criticidad o la prioridad para considerar o atenuar (véase la Norma UNE-EN 60812) cada modo de fallo respecto al correcto funcionamiento del sistema y su impacto sobre el proceso afectado.
- c. Una clasificación de los modos de fallo identificados según las características pertinentes, incluyendo su facilidad de detección, su capacidad para el diagnóstico, la capacidad de prueba, medidas de compensación y operación (reparación, mantenimiento, logística, etc.) estableciendo el ranking que permita justificar la selección de mantenimiento propuesta en aras de su mitigación.
- d. La identificación de fallos funcionales del sistema y la estimación de medidas de su severidad y de probabilidad de fallo.
- e. El desarrollo de un plan de mejora del diseño para atenuar los modos de fallo.
- f. Apoyar el desarrollo de un plan de mantenimiento eficaz para atenuar o reducir la probabilidad de fallo (véase la Norma IEC 60300-3-11).

Cuando se trata de criticidad o probabilidad de ocurrencia, los comentarios se refieren a la metodología del AMFEC.

Tras realizar el AMFE y/o AMFEC, el Adjudicatario implementará un árbol de decisiones basado en Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (RCM), en sesiones de trabajo multidisciplinares con la participación de FMB. Se tomarán como referencia las normas EN61025 y EN60300-3-11. Dicho árbol se debe realizar con la finalidad de establecer las actividades de mantenimiento más efectivas, planificándolas en función de la criticidad de los modos de fallo, teniendo en cuenta, principalmente, los efectos de los fallos sobre:

- La seguridad de las personas y del Medio Ambiente.
- La operación del sistema (producción o calidad).

El resultado final de esta fase es la determinación de un Programa de Mantenimiento Optimizado (PMO), evaluando/seleccionando las actividades de mantenimiento y su frecuencia, clasificándolas en:

- Actividades de predictivo/CBM.
- Actividades de preventivo de restauración.
- Actividades de preventivo de sustitución.
- Actividades de búsqueda de fallos ocultos.
- Actividades de correctivo (si se deja funcionar hasta el fallo).
- Actividades de rediseño.

Esto con el fin de elaborar el listado de tareas de mantenimiento predictivo, las variables involucradas y los rangos de tolerancia.

Al comienzo del desarrollo del programa de mantenimiento, el Adjudicatario debe hacer todos los esfuerzos requeridos para establecer un procedimiento que permita documentar electrónicamente los resultados del análisis RCM, así como todas las modificaciones que se realicen en servicio. Por otra parte, cabe destacar que el programa de RCM se puede implementar de manera detallada en los planes de mantenimiento. Estos deben ser integrados en el sistema GMAO (SAP) existentes en FMB.

El contexto operativo y las hipótesis se deberán considerar como documentos vivos y se deberán mantener a lo largo de la vida del elemento. Se deberán revisar regularmente cuando se produzcan cambios en la configuración del elemento o en la demanda de operación. Los cambios en el contexto operativo pueden dar lugar a cambios en los intervalos o las tareas de mantenimiento seleccionados.

Una vez que el plan de mantenimiento se ha generado, será necesario revisarlo periódicamente para tener en cuenta la retroalimentación de los datos de mantenimiento adquiridos a partir de la implementación del análisis RCM y también los requisitos para las actualizaciones del sistema.

Cualquier modificación del sistema, reparación o cambio de configuración estará sujeta a un análisis RCM. Puede que este tipo de acciones no den lugar a cambios en el programa de mantenimiento, pero los cambios en las funciones del sistema se documentarán en la definición del contexto operativo y en los análisis de fallos. Sin embargo, un cambio significativo en el elemento o en su operación podría originar un programa de mantenimiento completamente diferente.

#### **4.4 DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR EN LA OFERTA**

El ofertante deberá presentar:

- Descripción y planificación de implementación del proyecto CBM. Este proyecto deberá durar un mínimo de 10 años desde la recepción provisional del primer tren.
- Sistemas y subsistemas que se van a monitorizar durante el proyecto.

Se aportarán referencias de proyectos similares donde se ha aplicado sistemas CBM en al menos uno de los equipos de lista requerida en el capítulo correspondiente de los pliegos.. Se aportará Certificado del Operador donde se evidencie que está en servicio como mínimo 2 años cumpliendo los requerimientos especificados en el proyecto.

## 5 SEGURIDAD

Se entiende por seguridad en este capítulo a aquella que debe garantizar el Material Móvil ofertado en cuanto a la seguridad de circulación y mantenimiento.

### 5.1 SEGURIDAD FERROVIARIA

El Adjudicatario identificará y analizará las posibles situaciones de inseguridad provocadas por el material móvil en funcionamiento normal o degradado, así como las posibles disfunciones que puedan conducir a la generación no deseada de situaciones contrarias a la seguridad.

El Adjudicatario del material móvil efectuará los estudios, ensayos y pruebas de seguridad definidos en el presente capítulo, así como todos los que estime FMB necesarios con el objeto de demostrar la seguridad del suministro.

El desarrollo del material móvil se hará de acuerdo a los requisitos de la norma UNE-EN 50126-1 (2018). En particular, en las fases iniciales del proyecto, el Adjudicatario entregará a FMB un Plan de Verificación y Validación que justifique el alineamiento con dicha norma y un plan de seguridad siguiendo los requisitos del apartado 7.3.2.3 de la norma UNE-EN 50126-1 (2018), entre los cuales se encuentran:

- Un Análisis Preliminar de los Riesgos que deberá actualizarse a lo largo del proyecto. Este análisis deberá proporcionar una lista de todos los equipos y componentes en los que una degradación o mal funcionamiento pueda traer consigo o propiciar un riesgo, tanto en operación como en mantenimiento.
- Un Hazard Log que muestre las acciones encaminadas a minimizar los riesgos detectados.
- Una Lista de las piezas de seguridad para cada una de las funciones o piezas específicas que abarque el nivel de crítica relativo a las mismas, el motivo de clasificación por pieza de seguridad y las medidas para asegurar un nivel conveniente de seguridad.
- Análisis de seguridad de los sistema electrónicos de tren: se deberá de reportar cual es el nivel de seguridad SIL de los distintos softwares y hardwares del tren. En aquellos que FMB considere sea preciso, se deberán de certificar dichos niveles SIL, sin ningún coste adicional para FMB. En este sentido serán de aplicación las siguientes normas:
  - UNE-EN 50128 (2012): Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de señalización, comunicación y procesamiento. Software para sistemas de control y protección del ferrocarril.
  - UNE-EN 50657 (2017). Aplicaciones ferroviarias. Aplicaciones del material rodante. Software a bordo del material rodante, para todo el software embarcado que no le sea de aplicación la norma UNE-EN 50128.
  - UNE-EN 50129 (2018): Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización. Esta norma es requisito para la elaboración del Dossier de Seguridad (Safety Case) del tren que justifique su seguridad.

- UNE-EN 50159-1/-2: Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Sistemas de comunicación relacionados con la seguridad en sistemas de comunicación abiertos/cerrados.
- Recomendaciones para procedimientos de desalojo de trenes en túneles y estaciones.

Asimismo, se elaborará, en las fases iniciales del proyecto, un programa RAMS de acuerdo a los requisitos de la norma UNE-EN 50126-1. Tras la fase de diseño, se elaborará un Informe RAMS, incluyendo aspectos de Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad. Se realizan según modelo de la norma UNE-EN50126-3.

En relación a la documentación para el mantenimiento, se indicarán claramente las tareas que son críticas para la seguridad, justificando los intervalos de mantenimiento de las mismas que deberá estar en consonancia con los estudios RAMS.

Las instrucciones de trabajo que se suministren deberán contener los requerimientos de seguridad que se identifiquen.

La evaluación de seguridad del tren será efectuada bajo la supervisión de una empresa certificada (ISA) con la cual colaborará el Adjudicatario para certificar que el material rodante dispone de las medidas de seguridad requeridas por las normativas arriba citadas, así como aquellas otras exigidas por la reglamentación vigente aplicable. La elección de la ISA será validada por FMB.

Antes del servicio comercial del primer tren, el Adjudicatario creará un informe de seguridad del material móvil, y lo someterá a la aprobación de FMB. Este dossier tendrá como objetivo principal recapitular las acciones que demuestren que se ha alcanzado el nivel de seguridad requerido y que todos los riesgos están debidamente controlados.

El Plan de seguridad deberá detectar las operaciones críticas en el mantenimiento preventivo y correctivo considerando los siguientes modos de fallo:

- a) La operación de mantenimiento no se realiza.
- b) La operación de mantenimiento se realiza erróneamente. Fallo humano y/o fallo técnico.
- c) La operación de mantenimiento se realiza fuera del intervalo de mantenimiento preventivo.

Para ello se realizará un análisis de amenazas (AMFE o similar) para identificar las posibles consecuencias de los modos de fallo indicados anteriormente.

En la oferta se presentará una propuesta de Plan de Seguridad.

## 5.2 PROTECCIÓN CIVIL

### 5.2.1 Comportamiento frente al fuego

El diseño del tren será de tal forma que cumpla con la norma UNE-EN 50553 “Aplicaciones ferroviarias. Requisitos para la capacidad de rodadura en caso de fuego a bordo del material rodante.”

El tren deberá cumplir con los requerimientos de la norma EN 45545. De acuerdo a la parte 1 de la norma EN45545 el vehículo se clasificará como 2-N, con una clasificación del nivel de riesgo HL2, debiéndose aplicar los requisitos y criterios de diseño correspondientes a esta categoría.

Durante la fase de proyecto (y siempre antes de la entrega del primer tren), el Adjudicatario deberá entregar a FMB un dossier que demuestre el cumplimiento de la EN45545 de todos los materiales a los que aplique, describiendo las características respecto a inflamabilidad (clasificación de fuego y humo) y la propagación de humo y/o gases tóxicos o corrosivos.

#### 5.2.1.1 Requisitos de seguridad contra el fuego y condiciones de evacuación

El Adjudicatario deberá cumplir en el diseño con la norma UNE EN45545-4:

- El interior y exterior de los vehículos ferroviarios se deben diseñar de tal forma que eviten partes como huecos, salientes, hendiduras en las que se puedan ubicar materiales combustibles (periódicos, basura, desechos, hojas o materiales provenientes de plantas, aceites y grasas).
- Limitación en la ubicación de productos combustibles junto a equipos que funcionan a altas temperaturas (calefactores/equipos de frenado). Dichos materiales deberán contar con ventilación o refrigeración local para disipar el calor.
- El material de las pantallas de los monitores debe ir protegidos por cristal o bien cumplir la norma UNE EN 45545-2 (véase en tabla 4 de dicha norma).
- Los asientos deberán diseñarse de forma que se puedan retirar fácilmente, del asiento o de la zona alrededor del asiento, los productos combustibles (en especial papel o basura), y en concreto, los que se encuentren debajo del asiento durante las labores de limpieza y mantenimiento.
- Las entradas y salidas de aire estarán diseñadas de forma que sea difícil introducir objetos por ellas.
- Se dispondrá de protección para evitar la ignición de materiales combustibles producidas por cualquier fuente mecánica o eléctrica.
- Las condiciones de evacuación vendrán desarrolladas teniendo en cuenta que los factores que determinan su idoneidad son fundamentalmente:
  - La ocupación prevista en los coches del tren.
  - El dimensionamiento de los medios de paso o salida.
  - Los recorridos de salidas.

Como recomendaciones complementarias de referencia a la norma UNE EN45545-4, se observará la norma de Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) (Decisión de la Comisión de 21 de Febrero del 2008) del subsistema de material rodante del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad.

En ella se destaca como recomendaciones los siguientes aspectos:

- Tiempo de evacuación completa de un tren: la evacuación completa de todos los viajeros sin equipaje, se podrá realizar en 3 minutos cuando el tren efectúe parada junto al andén.
- Evacuación para personas con movilidad reducida: los trenes deben estar equipados con dispositivos de emergencia (estribos o escaleras de emergencia) que permitan la evacuación de viajeros por las puertas de acceso, preparadas para ello. Dichas escaleras tienen que estar alojadas en algún compartimento del tren con la señalización adecuada. Se deberá disponer de sistemas que faciliten la evacuación de personas con movilidad reducida.
- Permisi3n de puertas desde el interior/exterior: el motorista del tren dispondrá de mandos que permitan la permisi3n de las puertas por separado para cada vía, de modo que puedan ser abiertas por los viajeros cuando se detenga el tren.

Las puertas de los trenes deben poder abrirse desde el exterior en caso de emergencia por los servicios de intervenci3n.

#### 5.2.1.2 Requisitos de seguridad contra el fuego en los equipos eléctricos

El Adjudicatario deberá cumplir con la norma UNE EN 45545-5.

Los cables de alta tensi3n deben estar contenidos en un conducto o tubo metálico puesto a tierra, a trav3s de la caja, si transcurren:

- Por detrás de las paredes o dentro de ellas.
- Por debajo de los suelos por encima de los techos de las zonas reservadas a los viajeros o a la tripulaci3n.
- A trav3s de conductos para la ventilaci3n, que est3n conectados a zonas reservadas a los viajeros o al maquinista.

Las envolventes para equipos eléctricos deben estar diseñadas cumpliendo los requisitos de la Norma EN 45545-3. En caso contrario, se deberá colocar una barrera cortafuegos o una separaci3n entre la envolvente y la zona ocupada por personas para dar la protecci3n requerida.

En equipos con circuitos desprotegidos, el vehículo ferroviario debe de estar protegido contra los efectos de los arcos eléctricos.

En los conductos para alojar cables se deberán tomar precauciones para evitar la acumulación de humedad/fluidos y las dimensiones de éstos deben de ser tales que no supere la temperatura de funcionamiento establecida de los mismos.

Las baterías utilizadas para sistemas auxiliares o circuitos de alimentación deberán ubicarse de tal modo que los gases que puedan emitir éstas no se expulsen hacia las zonas ocupadas por personas. Éstas deberán ser conformes a la Norma EN 50547.

Los equipos de emergencia eléctricos se deben diseñar e instalar de forma que su integridad esté asegurada hasta que ya no sea necesario para la evacuación. Los cables utilizados para las funciones de emergencia se deben instalar de forma separada a los cables de alta tensión, a través de tubos o canaletas separados.

Para ayudar a minimizar el tiempo que las personas están confinadas en una zona afectada por un incendio, puede ser necesario diseñar y/o instalar ciertas funciones eléctricas como son,

- Comunicación.
- Control de tracción y frenos.
- Control de las puertas y de las salidas de emergencia.
- Control del “bus” del tren.
- Lucha contra el fuego.
- Detección de incendios.

de forma que continúen estando disponibles hasta que ya no sean necesarias para la evacuación.

Si el vehículo ferroviario dispone de equipos con ventilación forzada (incluye calefacción, refrigeración y aire acondicionado), en caso de incendio se debe poder cortar el flujo de aire de dicho equipo, ya que podría afectar a los pasajeros y al motorista. Cumplirá lo especificado en la Norma EN 45545-4 y la EN 45545-6.

Los componentes en la proximidad de la toma de corriente que puedan ser alcanzados por los efectos de arcos provocados por el aparato de toma de corriente, deben cumplir los requisitos indicados para los materiales especificados en la norma EN 45545-2.

Se deben tomar medidas acordes a la norma EN 44545-5 para evitar el riesgo de incendio en zonas donde las resistencias y los sistemas de calefacción tengan una temperatura superficial de 200 °C o más, en condiciones normales de funcionamiento o en condiciones de fallo (entre ellas, aislamiento, interponer distancia, placas de protección contra la radiación, uso de niveles separados de dispositivos de protección que corten suministro eléctrico por detección de sobre temperatura, y reducir posibilidad de entrada de suciedad en rejillas de protección).



#### 5.2.1.3 Sistemas de control y gestión del fuego

El Adjudicatario deberá cumplir con la Norma En 45545-6.

Todo vehículo ferroviario se debe equipar:

- **Con un sistema de detección de incendios automático (Ver “2.2.4.7 Detección de incendios”)**
- **Con un sistema de alarma para pasajeros accionado por éstos que sirva para informar al motorista o al centro de control (Ver “2.2.4.5 Tiradores de alarma”)**
- **Con un sistema de megafonía que el motorista o el centro de control pueda informar al pasaje**
- **Con un sistema de alumbrado de emergencia que tenga suficiente intensidad luminosa y duración para la evacuación de los vehículos**

Deben estar de acuerdo con la norma EN 13272. (Ver apartado “2.2.1.1 Batería”)

Debe permitir en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior.

El interior del tren, debe estar señalizado con elementos foto luminiscentes para indicar que puertas son las puertas de evacuación del tren para cada coche.

La disposición de los elementos foto luminiscentes deberá permitir la identificación de las rutas de evacuación, los elementos de seguridad y los dispositivos de emergencia en las zonas ocupadas por el pasaje y también en aquellas ocupadas por el maquinista. Además, se verificará que los pictogramas correspondientes se encuentran ubicados correctamente. La señalización de los elementos foto luminiscentes cumplirá las normas UNE-23033, UNE 23034, UNE-23035 y UNE 23035-2.

- **Con señales de emergencia adyacentes a todos los dispositivos de activación de alerta de emergencia, salidas de emergencia y equipo de emergencia**

Éstas deben ser señales permanentes y fácilmente visibles aún en condiciones de alumbrado de emergencia.

Deberán indicar la localización de:

- Los dispositivos de alarma para viajeros.
- Las salidas de emergencia.
- Los equipos de emergencia (por ejemplo extintores).

El diseño, color y tamaño de las señales de emergencia deben estar de acuerdo con la Norma EN 61310-1. (Ver apartado “5.2.4 Dispositivo de evacuación y señalización”)

- **Con equipos móviles o portátiles de lucha contra incendios**

Los extintores serán preferiblemente de 6kg del tipo hídrico, evitándose los de tipos polvo.

Según el Plan de Autoprotección de FMB (PAU) define que todo extintor debe ser apto para su trabajo para tensiones hasta 35 kV y una eficacia mínima: 27A y 233B.

El espacio destinado para albergar un extintor, estará dotado de unos micros (finales de carrera u otro sistema similar) que advierta de la falta de dicho elemento en este sitio al conductor o al centro de control en el caso de trenes automáticos.

Los medios de protección contra incendios se señalizarán por medio de señales definidas a la norma UNE 23033:0981 Seguridad contra incendios. La disposición de las señales hará que la localización del equipo sea visible desde cualquier punto de ocupación, con independencia de posibles obstáculos estructurales.

Se ubicará un (1) extintor por cabina y uno (1) por coche, con supervisión de su utilización. El extintor a utilizar así como su ubicación deberá ser validado por FMB en fase proyecto.

- **Con un sistema de control de la ventilación**

El conductor del tren (o telemando de centro de control, para el caso de trenes automáticos sin conductor) deberá tener las posibilidades de minimizar la distribución de humo y vapores en caso de incendio. Para ello debe posibilitar el poder abrir o cerrar las escotillas de entrada de aire exterior de forma automática o desde la cabina del conductor del tren o bien desde el CCM para aquellos trenes automáticos sin conductor.

### **5.2.2 Comportamiento frente al resbalamiento**

Se considera que durante el servicio comercial los suelos de los coches de los trenes pueden mojarse por diferentes motivos y formar depósitos de agua que provoquen caídas para el pasaje.

A partir de la tabla 1.1 de la norma del código técnico de la Edificación CTE documento SU1 (Seguridad frente al riesgo de caídas), y considerando el suelo de un tren como el de una dependencia:

Para el suelo de las diferentes series de trenes será una clase 2 de resistencia a la resbalabilidad.

Para las escaleras de evacuación utilizadas para llevar a cabo desalojos por emergencia en túneles a nivel frontal o lateral, dichas escaleras incorporarán un material en los peldaños que cumplan con la clase de suelo 3.

### 5.2.3 Señalización en el interior del tren

Todos los trenes de FMB tendrán señalizado como mínimo lo siguiente:

1. Señalización indicando Puerta de Emergencia del tren.
2. Señalización Equipos contra incendios. Extintores.
3. Señalización interior del número de servicio (uno por coche).
4. Señalización alarma “Solicitud de Parada de emergencia”.
5. Señalización cierre de puertas del tren.
6. Señalización desbloqueo puertas del tren.

La señalización del interior de los trenes debe cumplir las siguientes Normas UNE 23033, UNE 23034 y UNE 23035.

### 5.2.4 Dispositivo de evacuación y señalización

Se dispondrá en una puerta adyacente al pasillo de intercomunicación, por lado y coche, de un sistema automático y escamoteable de evacuación lateral a vía. El Ofertante deberá presentar propuesta de la solución adoptada. La solución finalmente implantada será validada por FMB en fase de proyecto.

La oferta incluirá propuesta de dispositivos de desalojo de pasaje (pasarelas) entre trenes tanto para tren acoplado como para tren en paralelo. También estará incluida la ubicación de dichos dispositivos en el tren.

Todas las señales de emergencia y evacuación tendrán las medidas mínimas indicadas a la UNE 23034:1998 “Seguridad contra incendios y serán fotoluminiscente”.

Las señales fotoluminiscentes serán del tipo Clase A según la norma UNE 23035:2003 “Seguridad Contra Incendios”.

Para la señalización de las puertas, se utilizará preferentemente la opción del texto literal o la combinación del texto con el pictograma. Se harán servir las señales de “Sortida” o “Sortida de emergencia” definidas en la norma UNE 23034:1998 “Seguridad contra incendios”. Tendrá visibilidad desde cualquier punto de origen de la evacuación de personas.

Los carteles se deberán situar, siempre que sea posible, sobre el marco de la puerta o en su proximidad de manera que sea bien visible y no se preste a confusión.

La señalización de emergencia se colocará igualmente sobre las salidas de la cabina hacia el exterior.

La ubicación y el tipo de señalización definitiva se definirán junto con FMB en fase de proyecto.

### 5.3 RIESGO ELÉCTRICO

Las partes activas susceptibles de causar contactos eléctricos están debidamente protegidas.

Todos los sistemas eléctricos se deben poder accionar sin que se pierda la protección contra el contacto directo.

Los armarios dispondrán de sistema de cierre y apertura mediante llave de FMB.

Los cofres con equipos conectados a alta tensión dispondrán de un sistema de protección para garantizar la seguridad del personal de mantenimiento, con objeto de evitar el contacto voluntario o fortuito con elementos bajo tensión.

Las partes activas susceptibles de causar choques eléctricos se deben proteger contra el contacto directo conforme a las prescripciones de la EN 50153. Para ello se debe garantizar la correcta puesta a tierra de todas las masas metálicas incluyendo la estructura del vehículo, carcasas de aparatos y equipos, susceptibles de estar bajo tensión en caso de una derivación. Estas medidas dependerán de la banda de la tensión que alimente a cada parte activa del tren.

Este sistema impedirá que se pueda acceder a los cofres de tracción y auxiliares, sin haber realizado previamente la desconexión de la alimentación principal y la maniobra de puesta a tierra.

El sistema de accionamiento de pantógrafos dispondrá de doble sistema de bloqueo, para evitar contacto involuntario con catenaria con orden de posición abajo y aviso de fin del recorrido.

El sistema de protección impedirá la subida de pantógrafos del tren, desconectará, físicamente, los equipos de la alta tensión y realizará la puesta a tierra de los circuitos de la unidad de tracción y de los convertidores.

La puesta a tierra de los circuitos deberá activarse mediante el accionamiento de un dispositivo de seguridad con enclavamiento, que deberá situarse en un emplazamiento adecuado y con las protecciones necesarias para evitar su accionamiento involuntario.

Las puertas de los cofres con acceso a alta tensión dispondrán de cerradura. Las llaves de apertura y cierre serán iguales para todos los cofres de la misma unidad de tracción y convertidor e irán dispuestas en un cofre de llaves. A este cofre solo se podrá acceder después de la puesta a tierra de dicha unidad de tracción y solo se podrá quitar la puesta a tierra si todas las llaves de la unidad de tracción y convertidor están en dicho cofre de llaves.

Los convertidores y las unidades de tracción dispondrán de una resistencia de descarga rápida de sus filtros interiores que quedará conectada a tierra al poner a tierra la unidad de tracción. El acceso a los circuitos y componentes de alta se realizará mediante puertas independientes que solo puedan ser abiertas con llaves accesibles después de la puesta a tierra de la unidad de tracción.

Cuando se desconecte el convertidor se deberá garantizar que la tensión residual presente en los condensadores del circuito de alta tensión se elimine en el momento de la desconexión.

Todos los equipos conectados a alta tensión dispondrán de señalizaciones ópticas claramente visibles desde el exterior de dichos equipos, que indiquen la ausencia/presencia de tensión.

### **5.3.1 Retornos de corriente**

Se incluirá una conexión de retorno de energía al carril. El sistema de descarga a carril permitirá que la corriente tenga retorno a la fuente de suministro sin producir daños o riesgo de choque eléctrico según EN 50153. Como marca esta norma, se evitará el uso de los cojinetes como parte del camino de retorno.

Debe de cumplir con lo indicado en la ficha UIC610-0.17 o su equivalente actualizada.

## **6 DOCUMENTACIÓN**

El ofertante estará obligado a facilitar a FMB todos los planos de conjuntos, subconjuntos, despieces y esquemas eléctricos y electrónicos, descriptivos y definitorios de la forma en que se ha fabricado el tren. Se entregarán siempre en formato editable.

Se entregará asimismo, en soporte informático editable, la arborescencia de todos los planos del tren: generales, conjuntos, subconjuntos y contenido, todos ellos hasta la última pieza montada en el tren.

El contenido de esta información será: número de plano de FMB, símbolo, posición en el plano, constructor, número de plano del constructor, fabricante, número de plano del fabricante, referencia del fabricante, número de elementos por aparato, número de elementos en coche MA<sub>1</sub>-MB<sub>1</sub>-R-MB<sub>2</sub>-MA<sub>2</sub>, total de elementos por tren, situación en coche MA<sub>1</sub>-MB<sub>1</sub>-R-MB<sub>2</sub>-MA<sub>2</sub>, peso y observaciones.

Los documentos de información, manuales de mantenimiento e instrucciones técnicas de todos y cada uno de los equipos/aparatos montados en el tren, serán en soporte informático editable. El nivel y contenido de estos será el de desmontaje/montaje del tren, mantenimiento y reparación de todos los equipos/aparatos por FMB.

Se entregará a FMB un plan de mantenimiento de todos los equipos/aparatos en tren, con periodicidades y contenido de las operaciones en soporte informático editable. Estarán contemplados los Ciclos Cortos, Largos y revisiones generales de gran mantenimiento. Asimismo se entregaran en formato editable las instrucciones de trabajo de todas las operaciones de mantenimiento preventivo y de desmontaje/montaje de equipos principales según formato de FMB.

Toda esta información la generará el Adjudicatario y tendrá que ser entregada a FMB tres (3) meses antes de la fecha contractual de puesta en servicio del primer tren. Este Plan de Mantenimiento y su documentación adjunta deberá optimizarse en función de la experiencia adquirida durante el período de

garantía i/o las modificaciones necesarias para implementar el sistema de CBM, debiéndose presentar a la aprobación de FMB el nuevo Plan antes de la finalización de la misma.

Cuatro meses antes de la puesta en servicio del primer tren, se entregará a FMB un listado, en soporte informático y formato FMB, identificando los números completos de serie y fabricación de los equipos principales que irán montados en cada uno de los coches. Se procederá de igual forma para los equipos y repuestos de parque.

Esta será condición necesaria para que los trenes inicien el período de garantía.

La Norma de FMB para la elaboración de planos y recepción de información gráfica se encuentran en el apartado 7 ANEXO 1: NORMATIVA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANOS Y PARA LA RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN GRÁFICA.

Cualquier modificación que se produzca con posterioridad a la entrega del tren y que dé lugar a la modificación de los planos, el Adjudicatario deberá entregar el plano actualizado en el plazo máximo de un mes.

FMB podrá exigir los planos que estime oportunos. La entrega de los mismos se hará en soporte informático y en idioma catalán o castellano.

El retraso en la entrega de planos, el incumplimiento de la normativa de entrega de información, o cualquier otro inconveniente relacionado con la entrega de información, motivará una prórroga en la garantía del tren.

FMB deberá disponer de toda la información necesaria para realizar el mantenimiento integral, a todos los niveles, de los trenes. Para ello precisará de (lista no exhaustiva): memoria de proyecto, especificaciones técnicas, listas de materiales y equivalencias, catálogos de pruebas, de ensayos, plan de mantenimiento, instrucciones de mantenimiento, etc.

En caso que FMB necesite información directa de los suministradores de los constructores, estos deberán proporcionar dicha información en un plazo máximo de un (1) mes.

El ofertante deberá proponer un listado de documentación a entregar junto al suministro de los trenes. Durante la fase de proyecto FMB validará el contenido definitivo de la documentación a entregar. El inicio de la garantía irá ligada a la entrega provisional de la documentación y el final del periodo de garantía irá ligado a la entrega definitiva de la documentación.

La documentación mínima que deberá de entregar en fase de proyecto será:

- Documentación eléctrica:
  - Descripción esquemas eléctricos.

- Esquemas eléctricos.
- Lista de equipos eléctricos.
- Documentación neumática:
  - Descripción esquemas neumático.
  - Esquemas neumáticos.
  - Lista de equipos y aparatos neumáticos.
- Planos.
- Documentación por Subsistema.
- Manuales:
  - Manuales de investigación de averías.
  - Manuales de Operación.
  - Manuales Descriptivo de Componentes.
  - Manuales de Conducción.
  - Manuales de reparación y mantenimiento.
    - Instrucciones técnicas de mantenimiento.
    - Instrucciones de trabajo de mantenimiento.
- Catalogo ilustrado de piezas de recambio.
- Plan de mantenimiento.
- Arborescencia indexada de piezas del tren.
- Documentación por equipos:
  - Descripción.
  - Esquemas.
  - Mantenimiento.
  - Manuales.
  - Planos.
- Documentación herramientas, útiles, bancos de pruebas,...
- Protocolos tipo y serie.
- Documentación de formación.

Asi como toda la información solicitada en este pliego.

## **7 FORMACIÓN**

### **7.1 GENERALIDADES**

La formación del personal encargado de la operación y mantenimiento del material móvil estará incluida en el contrato.

Esta formación ofrecerá, en el momento requerido, los medios a FMB para mantener y operar el material móvil con total seguridad y con el mayor número de competencias posibles. Para ello, el Adjudicatario pondrá a disposición una serie de instructores, material de formación, documentos y demás accesorios necesarios para la formación de personal de Mantenimiento y Operación. Asimismo, proporcionará a todos los participantes la documentación pedagógica relativa a dicha formación.

En el caso de que, a juicio de FMB, las formaciones sean manifiestamente insuficientes, FMB se reserva el derecho de exigir la repetición de los mismos cuantas veces sean necesarios.

### **7.2 PERSONAL IMPLICADO Y CONTENIDO**

El personal al que se dirige la formación comprenderá al:

- Personal encargado de la operación (Mando Intermedios de Operación y Operadores del CCM). Alrededor de 50 personas por línea que trabajan en tres turnos. Esta formación comprenderá, al menos, lo siguiente:
  - Formación sobre la conducción (en condiciones normales y degradadas) y resolución de incidencias. La duración mínima de las formaciones por persona será de 40 horas. Esta formación será teórico-práctica.
  - Formación sobre la utilización de los sistemas de telemonitorización (y telemando en caso de que fuera implantado). La duración mínima de las formaciones por persona será de 20 horas.
- Personal encargado del mantenimiento del material móvil. Alrededor de 70 personas para L1, 70 para L3 y 80 para talleres centrales. Dichas formaciones se deberán realizar en tres turnos. El contenido de las formaciones deberá considerar los diferentes perfiles: operario de mantenimiento, técnico de mantenimiento correctivo, mandos e ingenieros. Comprenderá, cursos teórico-prácticos de como mínimo los siguientes aspectos:

Para la plantilla en general:

- Conocimiento general del tren y sus funcionalidades. Duración mínima 8 horas.
- Desalojo del tren.

Para los operarios de mantenimiento:



- Operaciones de mantenimiento preventivo. Se realizarán la primera vez que se vaya a realizar esas operaciones. Deberá ser una formación teórico/práctica. Duración mínima 8 horas por cada estadía de mantenimiento.
- Operaciones de mantenimiento correctivo. Se realizarán formaciones de los mantenimientos correctivos habituales. Deberá ser una formación teórico/práctica. Duración mínima 8 horas por cada tipo de operación de correctivo.

Resto de personal de mantenimiento (Técnicos de mantenimiento, mandos e ingenieros): deberán realizar las mismas formaciones que los operarios de mantenimiento preventivo y además se deberá considerar las siguientes:

- Conocimiento de los materiales y del software a bordo del vehículo.
- Sistema de ayuda para el mantenimiento de a bordo.
- Las herramientas de diagnóstico y utillajes disponibles.
- Gestión, diagnóstico, seguimiento y reparación de las averías.
- Resolución de incidencias en línea.
- Modificación de los parámetros de los software accesibles, y gestión de su evolución.
- Sistema de telemonitorización y CBM.

Las formaciones para este personal se realizará por equipos/sistemas. Cada formación de equipo/sistema será como mínimo de 16 horas por persona.

El contenido de las formaciones deberá ser entregado a FMB un (1) mes antes de la realización para la validación de dicho contenido.

### 7.3 PLAN DE FORMACIÓN

Siete (7) meses antes de la fecha contractual de puesta en servicio del primer tren se entregará a FMB el Plan de Formación y la documentación para la realización de los cursos que deberá ser validado por FMB. En la oferta se incluirá una propuesta preliminar con el suficiente detalle para justificar el cumplimiento de lo especificado en el presente pliego.

Este plan deberá considerar:

- Una planificación general de las formaciones.
- El objetivo y duración de cada programa,
- El sitio donde se ubicarán las sesiones de cada programa. Las formaciones se realizarán en las instalaciones donde indique FMB.
- El número de participantes, que será siempre inferior a 12 personas.
- La cualificación de las personas encargadas de cada programa, que deberán ser ingenieros cualificados en la materia a impartir.

- El establecimiento de este plan deberá adaptarse a las necesidades y disponibilidad de FMB. Las formaciones se deberán realizar en días laborables en los tres turnos de trabajo (de 6 a 14 horas, de 14 a 22 horas, y de 22 a 6 horas).
- La planificación debe considerar realizar dos veces cada formación por turno, taller y perfil de persona. Se deberá considerar la necesidad de replanificar en fase de proyecto un mínimo de 10% de los cursos.
- El Adjudicatario deberá realizar la formación de las instrucciones de trabajo, tanto de preventivo como de correctivo, a todo el personal de mantenimiento. Esta formación específica deberá realizarse antes de la finalización del periodo de garantía.
- El Adjudicatario deberá realizar la formación de las herramientas y útiles especial al personal que FMB defina.

La formación tanto al personal de Operación como de Mantenimiento deberá finalizar tres (3) meses después de la puesta en servicio del primer tren e iniciarse con la suficiente antelación para que tanto operación, CCM y mantenimiento tenga suficiente personal formado para dar servicio en la fecha a la puesta en servicio de la primera unidad de tren. La formación avanzada de mantenimiento para técnicos, mandos e ingenieros se deberá realizar transcurridos 12 meses de la entrada en servicio del primer tren.

El plan de formación deberá garantizar que cualquier actualización o modificación precisará de una formación a todo el personal conforme al estado definitivo del material móvil, así como una actualización de la documentación de formación.

En cada programa específico, el Adjudicatario elaborará un plan de formación que incluirá, entre otros:

- Un estado detallado del curso de formación propuesto, la ubicación exacta, duración y número de sesiones propuestas, junto con información práctica necesaria cuando la formación se desarrolle en sus instalaciones,
- Una descripción del índice de los documentos pedagógicos facilitados
- Una lista de documentos del mercado relativo al programa,
- Una definición de las especialidades recogidas en el programa,
- Una descripción de los conocimientos que el personal en prácticas va a adquirir una vez completada su formación,
- Los equipamientos e instalaciones a disposición del personal en prácticas,
- Una descripción del sumario de los métodos pedagógicos utilizados, tales como: cursos teóricos, trabajos prácticos, demostraciones.

### **7.3.1 Cabinas de simulación de conducción de alta inmersión**

El Adjudicatario deberá suministrar 2 cabinas de simulación de conducción de alta inmersión para L1 y 1 cabinas de simulación de conducción de alta inmersión para L3, así mismo, deberá suministrar el software del tren adaptable a la plataforma de simulación de FMB antes de la entrada en servicio del primer tren. En fase de oferta se presentará la propuesta técnica y funcional de cabina de simulación.

El puesto de conducción deberá de generar la inmersión necesaria para que el alumno perciba como real la experiencia formativa en el simulador.

Este puesto debe de reunir las siguientes características:

- Posibilidad de simular más de una serie de tren en la misma cabina con posibilidad de añadir nuevos tipos de material rodante en el futuro.
- Habitáculo de cabina con acceso mediante puerta, sin cerramiento en el techo simulando la cabina real del tren para evocar la sensación de cabina real tanto en tamaño como ergonomía y disposición de elementos.
- Posibilidad de desmontaje de la cabina para un traslado relativamente sencillo con los refuerzos necesarios para garantizar su integridad.
- Instalación de mandos de conducción indicados reales para una correcta inmersión.
- Representación del resto de mandos e indicadores de manera virtual en pantallas táctiles.
- Inclusión de un sistema de sonido que simule las condiciones reales en ese aspecto en cabina.
- Comunicaciones (radioteléfono tren/ portátil), (cabina conducción/ cabina pasaje).
- Sistema de visualización exterior (cámara retrovisora).
- Sistema visual de representación de la línea.(cámaras, monitores, espejos de andén puertas de andén).
- Deberá contar con las vistas laterales simulando las ventanas para poder realizar la parada de precisión en los andenes con TPA.
- Cámara seguimiento acciones alumno.
- Asiento ferroviario idéntico al utilizado en cada serie de tren.

#### 7.3.1.1 Representaciones Virtuales

Se representarán con paneles virtuales fuera de la cabina, a modo tótem, todos aquellos elementos que se encuentran fuera de la cabina y con los que el conductor tendrá que interactuar en caso de incidencia. Se deberá de poder navegar de una manera lo más realista posible (2D y 3D) hasta poder acceder a ellos desde el andén, desde la vía y por dentro del tren. Entre otros son:

- Operaciones en elementos de puertas.
- Paneles neumáticos.
- Paneles de relés.
- Llaves y válvulas.
- Conmutadores u otros elementos de aislamiento.
- Interruptores.
- Puertas de emergencia, pasarelas de evacuación.
- Condena y aislamiento de las puertas.
- Accionamiento para aflojar el freno de estacionamiento.
- ...etc.

#### 7.3.1.2 Sistema de Sonido

El sistema de sonido deberá incluir reproducciones de audio 5.1, como mínimo, que proporcionan una simulación 3D realista del entorno de audio en la cabina.

El sistema de sonido deberá poder reproducir sonidos simultáneamente.

El sistema de audio utilizará el efecto Doppler en tiempo real.

Se simularán los siguientes sonidos:

- Motor de tracción, que varía en función de la velocidad y la carga.
- Los sonidos del freno neumático y las pastillas de freno.
- Los sonidos del aire de la cabina, el silbido del aire, especialmente en los túneles.
- El ruido de la vía en raíles articulados y las soldaduras en los cambios de vía y cruzamientos de carriles.
- Bocina neumática / eléctrica.
- Ruido de los trenes que se cruzan (dependientes de la longitud y la velocidad del tren).
- El chirrido de las ruedas en las curvas.
- Sonidos de advertencia y alarmas en la cabina.
- Sonidos de accionamientos de pulsadores y elementos de cabina.

Todos los sonidos serán emulados por software (incluyendo los intercambios por RADIO), permitiendo la reproducción del sonido y un ajuste preciso de la ubicación en el espacio.

#### 7.3.1.3 Comunicaciones

Las comunicaciones del alumno con pasaje, otros trenes, centro de control, instructor, etc, necesarias para la operación normal del metro se realizarán con los mismos elementos y de la misma forma que la cabina real.

#### 7.3.1.4 Sistema de Visualización

La imagen mostrada se refrescará a una frecuencia de 1000Hz, como mínimo, sincronizada con la frecuencia de las pantallas. Así se evitarán saltos y discontinuidades logrando una imagen suave al desplazarse en el escenario.

El sistema visual permitirá además tomar referencias de posición y velocidad correctamente durante la simulación. La calidad de la imagen permitirá identificar cualquier objeto de manera y a la distancia adecuada. Todo esto contribuirá a minimizar los errores de percepción mejorando la inmersión del alumno durante el ejercicio.

El sistema de la visión frontal y lateral del conductor se compone de 1 pantalla tamaño similar al frontal del tren que cubrirá un ángulo de visión desde la posición del conductor y dos pantallas laterales.

#### 7.3.1.5 Mandos de Conducción Reales

Para garantizar un alto grado de inmersión los elementos del puesto de conducción estarán instalados en un habitáculo simulando la cabina real del tren, el pupitre tendrá las medidas reales y una serie de mandos cuyo aspecto, tacto y configuración serán reales. Estos mandos, como mínimo, serán los siguientes:

- Manipulador marcha freno con H.M.
- Botonera ATP/ ATO.
- Botoneras lazos y Modo Especial.
- Inversor de marcha.
- Llave de gobierno.
- Seta de emergencia.
- Pulsadores gestión de puertas.
- Pulsadores anulación dispositivos de seguridad.
- Bombín modo especial .
- Avisadores acústicos.
- Gestión freno estacionamiento/retención.
- Elementos de comunicación con puesto de control.
- Luces e indicadores de los diferentes equipos de la cabina.

Aquellos mandos, indicadores, equipos de seguridad, IHM... que no se hayan integrado físicamente en el simulador se representarán virtualmente en pantallas táctiles de manera realista, cubriendo todos los elementos reales del tren.

### 7.4 MATERIAL DIDÁCTICO

Con el fin de proporcionar una descripción detallada y explicaciones sobre cada asunto abordado, el Adjudicatario pondrá a disposición del personal en prácticas todo el material didáctico y los accesorios necesarios para el buen funcionamiento de las sesiones, en particular:

- Los manuales de formación en formato digital.
- Toda la formación teórica y práctica será entregada en formato video, que permitan a FMB su reproducción cuantas veces quiera.

## 8 SOSTENIBILIDAD

### 8.1 DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO VERIFICADA

El Adjudicatario deberá elaborar y presentar Declaración Ambiental de Producto (EPD) siguiendo el Sistema Internacional EPD® según PCR-495 para material rodante, así como según los principios y procedimientos de la norma ISO14025:2006. Esta Declaración se deberá presentar junto con el primer tren. Cualquier modificación que se realice en la fase de garantía requerirá una nueva verificación de la Declaración Ambiental de Producto y estará vinculado a la finalización de dicha garantía.

La EPD se basará en la metodología del análisis de ciclo de vida y será validada externamente por parte de verificadores independientes aprobados por el comité técnico de Sistema Internacional EPD® y/o el Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría ambiental de la UE (EMAS).

El Adjudicatario deberá presentar el certificado de verificación.

La unidad funcional será el transporte de un pasajero por 1 km.

La EPD deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Hará referencia al programa al que se ha registrado. Todas las EPDs registradas cumplen los mismos requisitos de calidad.
- Hará referencia al documento PCR que se ha utilizado para el desarrollo del ACV y EPD (PCR 495\_PCR 2009 o la versión actualizada).
- Deberá tener la información sobre el proceso de verificación: nombre del verificador y fecha de validez.
- El Certificado de verificación presentado debe ser emitido por Entidad de Certificación, acreditado por ENAC y por EPD International®.
- Los índices de reciclabilidad y recuperabilidad del vehículo ferroviario se deberán calcular según las normativas ISO 21106 o UNI-LCA-001, que proporcionan información detallada sobre las etapas de cálculo y las cifras del reciclaje de materiales. La normativa utilizada para realizar el cálculo deberá declararse en las EPD.
- Las emisiones acústicas del vehículo ferroviario deberán incluir como mínimo:
  - Nivel de presión acústica en parado interior y exterior.
  - Nivel de presión acústica en aceleración interior y exterior.
  - Nivel de presión acústica con velocidad constante interior y exterior a 30/50/80 km/h.

El estándar utilizado para realizar las mediciones deberá declararse en la EPD®.

- Los resultados de consumo de energía deberán calcularse con valores extremos de recepción en catenaria. Se consideraran dos posibles escenarios: uno en el que la energía necesaria durante

el frenado es regenerada en la catenaria (100% de receptividad) y otro en el que se disipa toda la energía (0% de receptividad).

- Impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida (/pax.Km). La EPD declarará las categorías de impacto predeterminadas tal como se describe en las Instrucciones Generales del Programa.

La salida de la garantía irá ligada a la entrega de la EPD correspondiente al tren ofertado.

En fase de oferta el Ofertante presentará un relación de todas las Declaraciones Ambientales de Producto que haya realizado en los últimos 5 años anteriores a la fecha de licitación.

El tren ofertado deberá cumplir al menos los siguientes requerimientos, según ISO 22628:

- Reciclabilidad: **92%**.
- Recuperabilidad: **95%**.

Se valorará que el ofertante proponga valores mayores de reciclabilidad y recuperabilidad. Dichos valores deberán estar justificados por Declaraciones Ambientales de Producto verificadas (al menos 2) de proyectos anteriores en trenes de similares características.

La verificación final por parte de FMB de el porcentaje de reciclabilidad y recuperabilidad se hará a través de la Declaración ambiental del producto verificada que el adjudicatario presentará junto con el primer tren. En caso de que existan desviaciones negativas de los porcentajes verificados respecto a los porcentajes ofertados se aplicará una penalización económica según Pliego de Condiciones Particulares.

En fase de proyecto el Adjudicatario deberá entregar un Manual de Ciclo de Vida que incluya las instrucciones específicas de gestión de residuos (capítulo 8.3).

## 8.2 DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL REACH

El Ofertante deberá presentar una declaración responsable de cumplimiento del REACH (EC 1907/2006) y de la “Lista de sustancias prohibidas y declarables de la industria ferroviaria” de la Asociación Europea de la Industria Ferroviaria (UNIFE) especificando la no existencia de sustancias prohibidas.

La declaración se realizará de acuerdo con la plantilla de declaración de materiales de la Asociación Europea de la Industria Ferroviaria, UNIFE.

La utilización de productos considerados “declarables” deberá someterse a la aprobación de FMB, justificando la no existencia de alternativas. En caso de que dichos productos por cambios legislativos pasen a estar prohibidos, el Adjudicatario se verá obligado a proponer alternativas al menos durante los 20 años posteriores a la entrega del primer tren.

Se valorará que en fase de oferta el ofertante indique la lista de aquellos materiales “declarables” que, pese a que no estén actualmente prohibidos a fecha de la presente licitación, se compromete a no utilizar.

La salida de garantía de los trenes irá ligada a un informe justificativo de cumplimiento del REACH a la fecha de finalización de dicha garantía. Esto significa que todos los productos hayan podido pasar a ser prohibidos durante la fase de garantía no deberán estar presentes en el tren.

Durante la fase de proyecto de cada línea se realizarán auditorías de todos los sistemas del tren por un organismo autorizado por FMB para comprobar la ausencia de aquellos materiales prohibidos y declarables que se indicaron en fase de oferta. La realización de estas auditorías serán documentales a la totalidad de los sistemas del tren y mediante ensayos destructivos a aquellos equipos que FMB considere. Dichos ensayos correrán a cargo del Adjudicatario.

### **8.3 INSTRUCCIONES ESPECÍFICAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS**

El Adjudicatario deberá presentar los programas y procedimientos para el reciclaje de todos los componentes y piezas del tren que garanticen el cumplimiento de la normativa y la protección del medio ambiente y las personas.

Esta documentación deberá presentarse junto con el primer tren. Cualquier modificación durante la fase de garantía requerirá la presentación de una actualización de dicha documentación y estará vinculada a la finalización del periodo de garantía.

Las instrucciones deben contener como mínimo la siguiente información:

- Los métodos de reciclaje requeridos cuando los vehículos, sistemas y componentes se desmontan (recuperan) para alcanzar la eficiencia de reciclaje especificada.
- Instrucciones de eliminación y reciclaje relacionadas con los materiales relevantes del Anexo 14 y Candidatos
- Ilustraciones del sistema / subsistema donde están marcados los componentes y las partes, junto con la lista de materiales descrita anteriormente. Las ilustraciones deben presentar el contenido principal del material y la reciclabilidad del componente respectivo.
- La documentación debe establecer que las instrucciones de montaje y desmontaje y las normas de seguridad relativas a los sistemas / subsistemas y componentes.

### **8.4 PESO**

El tren deberá ser lo más ligero posible. El peso máximo admisible en tara (AW0) será de:

- Trenes L1: 170 Tn
- Trenes L3: 165 Tn



Se valorará que el peso del tren ofertado sea menor al peso máximo admisible.

Se indicará en la oferta el peso global de cada coche y de la unidad completa.

Los requisitos de masa en las diferentes condiciones de carga cumplirán con la norma EN15663.

En el reparto de masas se tendrá en cuenta los desequilibrios máximos admisibles establecidos en el apartado “2.8.1 Características generales”.

El peso que resulte en exceso o en defecto por cualquier modificación propuesta por FMB, o por los Constructores con aprobación de FMB, repercutirá directamente en el peso teórico establecido en este capítulo, una vez justificado.

Se admitirá una tolerancia en el peso indicado de +500 kg por coche, sin penalización.

El exceso de peso de cada coche será penalizado por cada kg de exceso, según se establezca en el Pliego de Condiciones Particulares.

La medida del peso se realizará antes de la salida de fábrica del tren.

## 8.5 VIBRACIONES

El nivel de vibración producido por el tren en las personas se basará en las especificaciones indicadas en Real Decreto 1311/2005, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

Los diferentes equipos que puedan ser fuente de vibraciones deberán ser desacoplados de la estructura de la caja mediante elementos elásticos que atenúen la vibración de forma considerable o, el Adjudicatario deberá demostrar que las vibraciones producidas por los equipos fijados rígidamente respetan los valores del Real Decreto 1311/2005. En fase de oferta se presentarán valores de vibración medidos de al menos dos proyectos que justifiquen las soluciones propuestas. Durante el proyecto el Adjudicatario realizará informes de cálculo para verificar las soluciones definitivas y realizará los ensayos correspondientes para validarlas.

## 8.6 RUIDO

En relación a la presión sonora, con el fin de minimizar el impacto medio ambiental y preservar el bienestar de las personas, el tren respetará los siguientes límites de emisión sonora medidos según lo establecido en las normas UNE-EN ISO 3095:2013 para la medida del ruido al exterior de las unidades y según la UNE-EN ISO 3381:2005 para la medida del ruido al interior de los vehículos.

Los requerimientos exigidos serán los siguientes:

Ruido exterior:

- Tren parado al aire libre: El nivel de ruido medido con el parámetro  $L_{pAeqT}$  en frente de cada uno de los equipos funcionando aisladamente (con alimentación exterior si es necesario o sin que los otros equipos contribuyan al ruido del propio equipo) no sobrepasará los 65 dB(A). La distancia de medición corresponderá a la indicada en la ISO 3095:2013. Los equipos funcionarán según lo especificado en la norma ISO 3095:2013.
- Tren en aceleración/frenado desde parado de 0 a 30 km/h y viceversa: El nivel de ruido medido con el parámetro  $L_{pAmax}$  durante la aceleración no sobrepasará los 80 dB(A) medidos según norma ISO 3095:2013. La aceleración/frenado de la unidad corresponderá a la típica utilizada en servicio comercial.

Ruido interior: posiciones de medida según ISO 3381:2005 en cualquier posición en el eje central del tren y a una altura de 1,2 m en la zonas sentadas y 1,6 m de altura en las zonas de puertas y pasillo.

- Tren parado al aire libre: El nivel de ruido medido con el parámetro  $L_{pAeqT}$  en las posiciones recomendadas en la norma ISO 3381:2005 no sobrepasará 65 dB(A). Los equipos funcionarán de acorde a lo establecido en la norma ISO 3381:2005.
- Tren en aceleración/frenado desde parado de 0 a 30 km/h y viceversa al aire libre: El nivel de ruido medido con el parámetro  $L_{pAmax}$  durante la aceleración/frenada no sobrepasará 75 dB(A) medidos según norma ISO 3381:2005. La aceleración/frenado de la unidad corresponderá a la típica utilizada en servicio comercial.
- Tren a velocidad constante de 80 km/h al aire libre: El nivel de ruido medido con el parámetro  $L_{pAeqT}$  no sobrepasará los 70 dB(A) en una vía que cumpla con los requerimientos de calidad acústica (rugosidad y "Track Decay Rates") recomendados en la ISO 3095:2013. En caso de que el tren no pudiese validarse en vía al aire libre a velocidad constante, el adjudicatario deberá proporcionar simulaciones de ruido interior que demuestren el cumplimiento de este requerimiento basadas en métodos validados de predicción de ruido interior que obtengan la contribución del ruido interior transmitido por vía aérea y estructural.
- Tren a velocidad constante de 80 km/h en túnel: Debido a los diferentes tipos de túneles posibles, el nivel de ruido interior medido en las mismas condiciones que al aire libre no sobrepasará los siguientes niveles, respetando siempre los criterios de calidad acústica de vía recomendados en la ISO 3095:2013.
  - + 7 dB respecto al aire libre en túnel de vía doble con balasto.
  - + 13 dB respecto al aire libre en túnel de vía única en placa.

Durante la fase de oferta, los ofertantes deberán proporcionar mediciones en al menos dos proyectos o simulaciones de ruido así como propuestas técnicas que demuestren la viabilidad técnica para alcanzar los niveles requeridos en este capítulo.

## 8.7 CONSUMO ENERGÉTICO

El Ofertante realizará una simulación de consumo energético de tracción de un tren en el tramo correspondiente de:

- L3 entre las estaciones Zona Universitaria y Plaça del Centre. Consumo orientativo actual: **44,7 kWh.**
- L1 entre las estaciones de Can Serra y Hospital de Bellvitge. Consumo orientativo actual: **58,5 kWh.**

El cálculo se realizará con las siguientes hipótesis:

- Condiciones de marcha según velocidades actuales ATO (incluida parada en estaciones de 20 segundos).
- Tren en tara (AW0).
- No funcionamiento del equipo de aire acondicionado.
- El perfil del tramo elegido y las velocidades en ATO se encuentran en el apartado “11 ANEXO 3: PERFIL DEL TRAMO ELEGIDO Y LAS VELOCIDADES EN ATO L1 y L3”.

Se tomará como referencia para realizar el cálculo la norma CLC/TS 50591:2013.

El Adjudicatario deberá de realizar pruebas de consumo real durante las pruebas tipo del primer tren.

## 9 ANEXO 1: NORMATIVA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANOS Y PARA LA RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN GRÁFICA.

### 9.1 GENERALIDADES

A continuación se especifica la normativa básica para la elaboración y suministro de la documentación necesaria para el proyecto.

Este punto no limita el resto de documentación solicitada en otros puntos del pliego de condiciones técnicas o posterior documentación solicitada.

Esta normativa descrita, afectará tanto a la documentación generada en fase proyecto como en posterior documentación entregada en fases de garantía, post-venta y otras demandas documentales.

Toda la información la generará la empresa Adjudicataria que lidere el proyecto y tendrá que ser entregada a FMB tres (3) meses antes de la puesta en servicio del primer tren.

La entrega de la documentación dentro del tiempo estipulado será condición necesaria para que los trenes carguen kilómetros e inicien el período de garantía (tal y como se indica en el capítulo de generalidades de este mismo pliego).

Diferenciaremos la normativa de planos y la normativa para el resto de la documentación.


En caso de omisión del punto anterior se considerará aceptado el cumplimiento de esta normativa.

### 9.2 NORMATIVA PARA LA ELABORACIÓN Y RECEPCIÓN DE PLANOS


Toda la información gráfica generada tanto internamente como por empresas o entidades externas, y recepcionada por el departamento de FMB de Material Móvil, deberá cumplir los siguientes requisitos:

1. Los planos se entregarán en formato tipo **.DWG** del producto AutoCAD.
2. La versión de AutoCAD utilizada será la vigente en **FMB**. Actualmente es la v2010, aunque también se aceptarán planos de otras versiones, tanto inferiores como superiores.
3. Como excepción, y tan solo si por razones justificadas no es posible entregarlo en el citado formato, se aceptaran archivos en formato **.DXF**. No por eso el plano dejará de cumplir los requisitos exigidos para el formato **.DWG**, y que se describen en los puntos siguientes.
4. Cualquier otro formato distinto al expuesto en puntos anteriores, deberá ser aceptado por FMB. Será requisito indispensable que pueda ser modificado mediante los programas que disponga FMB.
5. Cada plano deberá ser entregado en un único archivo. No se aceptará, por consiguiente, un archivo que contenga varios planos.
6. El nombre del archivo coincidirá con el número del plano asignado por **FMB** a dicho plano, y que habrá sido previamente solicitado por parte del proveedor.
7. Dicho número de plano deberá figurar también de forma obligatoria en el cajetín del plano.


8. El cajetín deberá colocarse en la parte inferior derecha del dibujo.
9. Se consideraran válidos tres posibles formatos de cajetín, en función del tamaño general del plano. Si el tamaño del plano lo permite se utilizará con prioridad el modelo denominado **CAIXETI.DWG**, que presenta el siguiente formato:

Modific.					Observ.		
Dibuixat	Data	Nom			 <b>F.C. Metropolità de Barcelona, S.A.</b>		
Comprovat	Data	Nom					
	Data	Nom					
	Data	Nom					
Vist	Data	Nom					
ESCALA (de l'original)	TÍTOL DEL PLÀNOL					00.000	
Esc.1							
Esc.2							
Esc.3							
						SUBSTITUEIX AL	
						SUBSTITUÏT PEL	

10. En caso de que el cajetín anterior no quepa en un plano o que para utilizarlo sea necesario cambiar al siguiente formato **DIN**, se permite la utilización de un segundo cajetín, denominado **CAIX.DWG**, y que presenta el siguiente formato:

 <b>Metro</b> de Barcelona	Dibuix.	Data	Nom		Modific. Observ.			
	Compr.	Data	Nom					
		Data	Nom					
		Data	Nom					
Vist	Data	Nom						
ESCALA (de l'original)	TÍTOL DEL PLÀNOL					00.000		
Esc.1								
Esc.2								
Esc.3								
						Stueix:		
						Stuït:		

11. En situaciones que sea más aconsejable la utilización de un cajetín con una orientación más horizontal, también se podrá usar un tercer cajetín denominado **CAIX-HOR.DWG** el cual presenta el siguiente aspecto:

 <b>F.C. Metropolità de Barcelona, S.A.</b>				Modific. Observ.	TÍTOL DEL PLÀNOL			00.000
Dibuix.	Data	Nom						
Compr.	Data	Nom						
	Data	Nom						
Vist	Data	Nom		Escala (de l'original): Escala			Stueix:	
							Stuït:	

12. Independientemente del cajetín utilizado, el formato de fecha empleado en dicho cajetín deberá ser del tipo "dd-mm-aa".
13. El nombre y número de capas del dibujo es libre, pero cada capa deberá tener asociado un color de AutoCAD según los gruesos de pluma que se describen a continuación:

- 0.15 mm. Color 1 : rojo
- 0.20 mm. Color 2 : amarillo
- 0.30 mm. Color 3 : verde
- 0.40 mm. Color 4 : ciano
- 0.50 mm. Color 5 : azul
- 0.60 mm. Color 6 : magenta
- 0.80 mm. Color 8 : gris

14. El color de las entidades de AutoCAD deberá ser PORCAPA.
15. No se deberá dibujar nada en la capa 0.
16. Las unidades de trabajo serán en milímetros.
17. Las unidades angulares vendrán expresadas en formato sexagesimal, excepto en los planos topográficos y de obras, en los cuales, eventualmente, podrán utilizarse unidades angulares en formato centesimal.
18. En ambos sistemas, el origen (ángulo cero) estará situado en la posición de las tres horas (al este) según las agujas de un reloj, y el crecimiento será en sentido trigonométrico, es decir contrario al avance de las agujas del reloj.
19. Cualquier anotación textual, tanto en el cajetín como en el propio dibujo, deberá ser en estilo **ISOW**, procedente de la fuente de letra **ISOW.SHX**, a excepción del atributo **NUM** (Número del plano) del bloque **CAIXETI** que será el estilo **ARIAL-N** procedente de la fuente **ARIAL** con efecto Negrita. El archivo **ISOW.SHX** ha sido creado especialmente por TMB, por lo que éste será proporcionado por **FMB** al autor del plano.
20. Los dibujos deberán haber sido salvados con una visualización total, es decir, con todo el dibujo a pantalla completa, teniendo especial atención en el formato de los textos.
21. Además de la escala indicada en el cajetín, también deberá incluirse fuera del mismo la escala del dibujo en modo gráfico. Esto deberá ser así siempre, salvo que por razones justificadas no sea posible. En caso de solicitarlo, **FMB** puede proporcionar un programa en AutoLISP que incorpora un rutina para la generación automática de dicha escala gráfica. Como ejemplo se adjunta la siguiente figura.



ESCALA GRAFICA

22. En todos los planos deberán indicarse las marcas para el plegado de copias, tanto en sentido vertical como horizontal. En sentido horizontal se deberá especificar tanto el plegado de 210 mm. Como el de 185 mm., ambos a partir del extremo inferior derecho. En sentido vertical las marcas estarán situadas a 297 mm. También del extremo inferior derecho. En cualquier caso la longitud de dichas marcas será de 5 mm.

23. Todos los planos deberán emplazarse en el cuadrante superior derecho de los ejes de coordenadas, con el origen de dichas coordenadas situados en el ángulo inferior izquierdo del monitor. Esto deberá ser así siempre, salvo que por razones justificadas no sea posible.
24. Juntamente con los planos se entregará una tabla de datos tipo Excel suministrada por FMB, donde deberán cumplimentarse **todos** los campos indicados.
25. Toda esta información deberá ser entregada en formato CD o DVD y en una memoria externa USB.
26. Con la entrega de la documentación deberá entregarse 3 (TRES) copias en papel en formato A3, más 1 (UNA) copia en formato a escala 1:1.

### 9.3 NORMATIVA PARA LA ELABORACIÓN Y RECEPCIÓN DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

El Adjudicatario deberá entregar junto a la documentación gráfica, toda la documentación técnica necesaria para el conocimiento, mantenimiento y explotación de los trenes ofertados. Entre los documentos básicos, deberán constar, entre otros:

- Catálogo de piezas
- Manual de conducción
- Manual descriptivo
- Normas técnicas de mantenimiento
- Plan de mantenimiento (ciclo corto y ciclo largo)

Toda esta información deberá estar englobada en un único manual interactivo (con referencias cruzadas entre todas sus partes).

Toda esta información se entregará a FMB en formato modificable, para poder realizar todo tipo de modificaciones. El formato final deberá ser aprobado por FMB antes de la ejecución definitiva del proyecto.

El formato utilizado para esta documentación deberá ser igual en toda la topología documental.

Durante la fase de proyecto se definirá conjuntamente con personal de FMB la estructura básica de cada documento.

Toda esta información deberá ser entregada a FMB en formato electrónico.

Con la entrega en formato electrónico, deberá entregarse 3 (tres) copias en papel en formato A4.

## **10 ANEXO 2: PRUEBAS, FABRICACION Y PUESTA EN MARCHA**

### **10.1 PERSONAL DEL ADJUDICATARIO.**

Será obligación del Adjudicatario presentar a FMB el organigrama general del personal que empleará en el Proyecto previo a la emisión de la Orden de Proceder.

Se requerirá de un equipo de proyecto formado como minimo por:

- Un (1) Responsable de Proyecto / Un (1) Adjunto/a.
- Cinco (5) Responsables Tecnicos / Cinco (5) Ingenieros/as.
- Un (1) Responsable de Calidad.
- Un (1) Responsable de CBM.

Estos perfiles mencionados aportaran una experiencia demostrable en proyectos ferroviarios, similares, no menor a 15 años para los Responsables y 10 años para los Ingenieros.

#### **10.1.1 Organigrama detallado**

El Adjudicatario presentará el organigrama de la organización para el control de la fabricación de los conjuntos y subconjuntos.

En este organigrama se detallará, para cada una de las personas designadas, su cualificación profesional y una relación breve de los últimos trabajos realizados.

### **10.2 APROBACIÓN DEL PROYECTO E INSPECCIÓN DE LA FABRICACIÓN**

Los proyectos de los trenes tendrán que ser necesariamente aprobados por FMB, aunque esta aprobación no eliminará la plena responsabilidad del Adjudicatario respecto al proyecto. El Adjudicatario será totalmente responsable de los errores u omisiones que puedan existir, tanto en la confección y cálculos como en los materiales elegidos, así como con referencia al cumplimiento de los Pliegos de Condiciones y al buen funcionamiento de los trenes.

Se someterá a FMB para su aprobación, toda la documentación técnica de construcción, relativa al vehículo y sus partes, de modo que FMB pueda adquirir una idea perfectamente clara del vehículo que se va a construir y sus componentes, a efectos de juzgar y calibrar su teórica eficacia.

El Adjudicatario presentará a FMB la lista de sus principales suministradores, pudiendo FMB desestimar aquellos que considere conveniente.

Como condición imprescindible para la mencionada aprobación de documentación técnica, deberá entregarse a FMB, con anterioridad o a lo sumo simultáneamente con los planos, los cálculos y estudios fundamentales que hayan servido de base para el establecimiento de los mismos.



Para facilitar la labor de aprobación del proyecto y posterior verificación de la construcción, FMB podrá desplazar a las diversas factorías del Adjudicatario, a uno o varios de sus técnicos con carácter permanente, para lo cual el Adjudicatario pondrá a su disposición un lugar de trabajo, con todas las facilidades necesarias para poder desarrollar la labor encomendada por FMB viniendo obligado a facilitar esta labor. Incluyendo una conexión wi-fi de alta velocidad, teléfono, impresora, pantalla de visualización de datos, además de todo el mobiliario de oficina necesario con los accesorios de uso común en oficina que le sean requeridos por FMB.

La misión principal de los técnicos de FMB en esta fase será la de seguimiento y participación en su caso, de la elaboración del Proyecto y de las pruebas y ensayos que el Adjudicatario deberá realizar para comprobar que el Proyecto responde a las exigencias del servicio a prestar.

FMB aprobará o rechazará la documentación y materiales sometidos a aprobación por el Adjudicatario, en el plazo máximo de dos meses desde su recepción.

La corrección de todos los errores u omisiones que se pongan de manifiesto en la aprobación de planos y cálculos será obligatoria para el Adjudicatario, tanto sobre la documentación como sobre los propios vehículos.

FMB no considerará efectuada la entrega y por tanto no efectuará recepción provisional ni definitiva, a ningún vehículo al que falte realizar las correcciones en cuestión.

Deberán aprobarse los planos de construcción y montaje de todos los equipos del tren que deberán delinearse empleando el cajetín oficial de FMB, con independencia de los datos de identificación que pueda necesitar el Adjudicatario y que posteriormente podrán eliminarse si no son precisos para FMB.

También se deberá facilitar a FMB los planos y resto de documentación técnicas de los útiles y herramientas especiales que sean necesarios para el mantenimiento posterior de las unidades, teniendo en cuenta que igualmente los moldes, plantillas y calibres deberán ser entregados.

Estos planos, moldes, y plantillas deberán entregarse con anterioridad o simultáneamente a la entrega del último tren, sin que proceda la recepción provisional del mismo en caso contrario.

FMB efectuará la inspección del proyecto, fabricación, pruebas, ensayos, etc., por medio de técnicos inspectores que libremente designará entre su personal o fuera de él. Tal inspección no comprometerá a FMB ni liberará total, o parcialmente al Adjudicatario de la plena y exclusiva responsabilidad sobre la calidad, prestaciones y condiciones de la obra contratada. El Adjudicatario, queda obligado a establecer un plan de control de calidad, tanto para la recepción de materiales, como para la fabricación, pruebas y puesta en marcha de los trenes, que será entregada a FMB para su aprobación y seguimiento.

El Adjudicatario dará al servicio de inspección de FMB toda clase de facilidades para el desempeño de su cometido, permitiendo el libre acceso tanto en sus propios talleres como en los de otras fábricas que elaboren materiales o elementos para los trenes, poniendo a su libre disposición todos los datos precisos

para llegar al conocimiento de la calidad de los productos, así como las pruebas y ensayos a que debe someterse el material para demostrar a priori que cumple las especificaciones.

### **10.2.1 Inspección y pruebas durante la fabricación**

El Adjudicatario, en las fases iniciales del proyecto, entregará a FMB un Plan de Pruebas y Ensayos a realizar en los trenes fabricados.

FMB deberá dar su conformidad al Plan de Pruebas y, en su caso, a las hojas de control y protocolos específicos de cada una de ellas.

Todas las pruebas estarán condicionadas a las características específicas de los equipos y materiales que resulten elegidos en el concurso.

Se realizarán ensayos tipo para verificar la calidad del vehículo, de acuerdo con el Pliego de Condiciones Técnicas y servicio a prestar, comprobando que el proyecto, proceso de fabricación, etc., son correctos.

Los ensayos tipo se efectuarán sobre el primer elemento representativo de la serie.

FMB se reserva el derecho de solicitar la realización de los ensayos tipo en el 1% como mínimo de elementos de la serie.

Siempre que exista algún cambio en el proceso de fabricación, diseño o un cambio de centro de producción, se deberán realizar de nuevo dichas pruebas tipo. Se realizarán pruebas tipo específicas en todas las líneas atendiendo a las diferentes especificidades de cada una de ellas.

Los ensayos serie representarán una parte de los de tipo, se realizarán para comprobar las características que puedan sufrir modificación durante la fabricación y se efectuarán sistemáticamente sobre todas las piezas, o eventualmente sólo sobre una muestra de las mismas.

Los ensayos tipo y serie, se refieren tanto a materiales y elementos, como a conjuntos y subconjuntos.

En el proyecto deberá tenerse en cuenta la posibilidad de introducir fácilmente las modificaciones que se deriven del ensayo tipo. Estos ensayos se realizarán preferiblemente en la primera unidad de la serie con el objeto de validar el diseño de las mismas, pudiendo realizarse estos ensayos en unidades posteriores previa aprobación por parte de FMB.

#### **10.2.1.1 Inspección y Pruebas durante la Fabricación.**

En el sitio, áreas de Trabajos, o en los talleres de fabricación de los Equipos y Materiales, y durante horas normales de oficina, el personal que FMB designe y sus respectivos representantes podrán, sin estar obligados a ello, inspeccionar, examinar y comprobar todos los materiales, al igual que verificar el avance de la fabricación, la calidad y la conformidad con las Especificaciones Técnicas de todos los

Equipos y Materiales que deberán ser proporcionados de acuerdo con este Pliego. Si la fabricación de esos Equipos y Materiales se realiza en instalaciones pertenecientes a terceros distinto del Adjudicatario, el Adjudicatario deberá obtener el acceso a esas instalaciones para FMB, el personal que éste designe y sus respectivos representantes, de manera que éstos puedan realizar las inspecciones, exámenes y pruebas antes mencionadas. Ninguna de dichas inspecciones, exámenes o pruebas eximirá al Adjudicatario del cumplimiento de sus obligaciones conforme a este Pliego.

#### 10.2.1.2 Plazos e información a suministrar previos a las pruebas.

Con al menos un (1) mes de antelación el Adjudicatario deberá suministrar a FMB la información sobre:

- El lugar de cada una de las pruebas, exceptuando las Pruebas de Aceptación.
- El protocolo de la prueba.
- Los criterios de aceptación correspondiente a dicha prueba de acuerdo a las Especificaciones Técnicas.

#### 10.2.1.3 Plazos e información a suministrar previos a las pruebas

El Adjudicatario confirmará la fecha de las pruebas a FMB con al menos diez (15) Días Hábiles de antelación. FMB notificará al Adjudicatario, con un mínimo de cuarenta y ocho (48) horas de anticipación, su intención de presenciar o no esas pruebas o inspecciones, o solicitará que se pospongan a una nueva fecha a acordar entre FMB y el Contratista en base a la disponibilidad del personal de FMB.

FMB y/o el personal que éste designe y sus respectivos representantes y asesores podrán presenciar esas pruebas. El Adjudicatario le enviará con como máximo (10) días hábiles a FMB una copia certificada de los resultados de toda prueba o inspección realizada.

#### 10.2.1.4 Derecho de FMB para solicitar repetir pruebas y/o Inspecciones

Si FMB considera que alguna prueba o inspección no presenciada por FMB debe ser repetida, FMB lo informará al Adjudicatario y éste procederá a repetir esas pruebas y/o inspecciones.

#### 10.2.1.5 Recursos para las pruebas

El Adjudicatario será responsable de suministrar toda la asistencia, personal, equipos, instrumentos, y todo cuanto fuere necesario o razonablemente requerido para realizar eficientemente la prueba o inspección correspondiente.

### 10.2.2 Principales operaciones de control

El presente programa de control es un programa tipo, que deberá ser adaptado a las características principales de los vehículos a controlar, cuando estén definidos.

El programa de control indicado a los apartados siguiente no es limitativo, debiendo presentar el Adjudicatario el programa de control que deberá ser sometido a la aprobación de FMB.

#### 10.2.2.1 Control de las Cajas

##### 10.2.2.1.1 *Sumario de las operaciones*

El control de las cajas comportará las operaciones siguientes:

- a) Control en almacén de las piezas provenientes de subcontratistas.
- b) Control del bastidor de caja.
- c) Control de la calderería y caja en blanco.
- d) Control de la pintura.
- e) Control del recubrimiento.
- f) Control del acabado de los vehículos.
- g) Ensayo de recepción de los vehículos.

##### 10.2.2.1.2 *Control en almacén de las materias primas entregadas por los subcontratistas*

A la recepción del material por el Adjudicatario, la mercancía entregada será registrada en un documento que se entregará a los servicios correspondientes. Se asegurará la trazabilidad de todos los materiales.

El Adjudicatario deberá enviar a la Inspección de FMB un aviso de recepción en el que se mencionará, llegado el caso, el número de la autorización de expedición entregado por el receptor y el control de recepción realizado.

##### 10.2.2.1.3 *Control de la caja en blanco*

#### ➤ Homologación de los soldadores

Los soldadores que trabajen en la realización de la calderería deberán estar homologados.

Estas pruebas se realizarán siguiendo la aplicación de las normas UNE-EN 287 parte 1 o 2.

El proveedor de soldeo de las estructuras deberá estar certificado según la norma UNE-EN 15085-2 con nivel CL1.

#### ➤ Vigilancia de la fabricación de los subconjuntos de calderería

Se trata de los elementos siguientes: bastidor, laterales, testeros delantero y trasero, pabellón, cajas de aparatos, etc.

Antes de la soldadura, los largueros, cabeceros y las traviesas pivote serán objeto de un control particular. Los inspectores del Adjudicatario deberán obligatoriamente presentar estas piezas a la Inspección de FMB antes de la soldadura.

En los subconjuntos a soldar, las piezas deberán estar exentas de depósitos, susceptibles de dañar la soldadura.

Se verificará que las partes superiores de las alas de los perfiles estén en un mismo plano.

Después de soldar, se verificará cada soldadura, debiendo el Adjudicatario someter a la aprobación de FMB, las normas utilizadas en el procedimiento de soldadura e inspección.

El utillaje que se realice estará previsto para evitar las soldaduras verticales y de techo, soldándose exclusivamente en posición horizontal, o en su caso el procedimiento aprobado por FMB.

El Adjudicatario establecerá un plan de control sobre las soldaduras de caja, de acuerdo al cual, se controlará la fabricación, que especificará:

- Método o sistema de soldadura.
- Normativa utilizada para los procesos de soldadura.
- Desarrollo o plano de las partes a soldar.
- Sistema de corte y achaflanado.
- Limpieza de chapas (inexcusablemente para los bogies va por fresado o similar).
- Características de las uniones a realizar.
- Parámetros de soldeo.
- Homologación proceso.
- Homologación de soldadores.
- Control por E.N.D (Ensayos No Destructivos).
- Prolongación de chapas, cordones y cortes posteriores.

El Adjudicatario se someterá inexcusablemente ante FMB para la homologación de:

- Soldadores.
- Procedimiento.
- Esta homologación se realizará pese a que el personal interviniente esté trabajando en otros proyectos.

Para la homologación de soldadores se utilizarán la norma UNE-EN 287, parte 1 o 2, DIN 8560, o la propia del Adjudicatario aprobada previamente por FMB. Se procederá de igual manera para la homologación de procedimiento.

Sobre el control por E.N.D. (Ensayos No Destructivos) se confeccionará un checklist en la que se indicarán todas las soldaduras objeto de este ensayo, que serán todas las principales, incluyendo en ellas uniones de larguero-cabecero, uniones de traviesa-pivote-cabecero, uniones traviesa-pivote-largueros, etc. Esta propuesta de planilla, será sometida a la aprobación de FMB.

Se establecerá un plan específico de las soldaduras con indicación de los métodos, su desarrollo, sistema de corte, limpieza, etc. Se seguirá la Norma UIC-897 (puntos 1 y 9)

El control fundamentalmente se realizará por radiografía, admitiéndose exclusivamente calidades negra y azul según UNE 14011. El control por U.S. (UltraSonidos) será válido previa homologación de procedimiento y operadores y aprobación por FMB. El control por líquidos penetrantes, será sometido a la aprobación de FMB, pero su utilización en serie sólo podrá realizarse tras comprobar la bondad por los procedimientos anteriores en los diez primeros coches.

Caso de que el Adjudicatario desee utilizar otras normas UNE, ASTM, etc. o propias, las presentará a FMB para su aprobación.

Asimismo, en las primeras cajas, en un número a determinar de soldaduras, pero comprendiendo todas las principales y aquellos casos de duda, se efectuará toma de muestras para ensayo.

Dicha toma se realizará sobre testigos, prolongación de las piezas a unir, realizándose la soldadura como prolongación del cordón de trabajo.

Se cortarán estos testigos en frío, y se ensayará a plegado a 180° con mandril de  $d = 2e$ , no debiendo aparecer grieta, fisura, poros, etc., en toda la parte plegada.

Queda a criterio de FMB el realizar otros ensayos complementarios, tal como tracción, resistencia, textura y macrografía.

Se realizará sobre el total de las soldaduras un control visual, por lo que el Adjudicatario remitirá un plan de criterio de aceptación, el cual previa aprobación por FMB se empleará en la supervisión de la fabricación.

➤ Control dimensional de la traviesa pivote y del bastidor

Se verificarán las traviesas pivote antes de su montaje; llevándose el control en primer lugar a las soldaduras, las partes mecanizadas deberán estar conformes con los planos en cuanto a sus

dimensiones y estado superficial. Se establecerá un acta para el control de la soldadura y dimensiones del bastidor.

Los controles dimensionales se realizarán siguiendo la norma:

NF F 31.101          Coches, furgones y elementos automotores. Chasis y chasis-caja.  
Características dimensionales. Tolerancias.

➤ Verificación de la caja en blanco

Cada caja en blanco, una vez finalizada, deberá ser presentada al inspector, que procederá a las operaciones siguientes:

a) Control de planitud de testeras y extremos.

Las superficies deberán ser perfectamente tensas y planas. Se aplicará una regla en las diferentes orientaciones, no debiendo aparecer deformaciones por cavidades o bolsas superiores a 1 mm por FMB.

b) Se suprimirá todo tipo de deformaciones ondulatorias.

c) Verificación de las dimensiones de la caja en blanco. Principales verificaciones a efectuar:

- Alojamiento de ventanas y entrantes, alojamiento de puertas, tabiques y extremos. Verificar la escuadra en relación al suelo del coche, asegurarse que la anchura de las puertas es constante en toda su altura.
- Marcos de puertas laterales: verificar el escuadrado de los montantes en relación al suelo.
- Enderezado interior de la estructura: verificar el enderezado de las partes visibles después de la colocación del revestimiento interior (se permitirá una tolerancia mayor de las partes ocultas que soportan el revestimiento de la caja) y verificar las alturas del piso y fijaciones de las columnas de la plataforma y asientos.
- Planilla de bastidor, incluyendo:
  - Distancia entre pivotes o centros de bogies.
  - Longitud total.
  - Distancia de pivotes o centros de bogies extremos.
  - Diagonales.
  - Ancho a nivel de cabeceros, vigas pivotes, y tres medidas intermedias.
- Planilla caja, incluyendo:

- Longitud de caja a altura de bastidor, centro y cubierta
- Anchura de caja en zona de cabeceros, vigas pivotes y tres lecturas intermedias proporcionalmente repartidas y a dos niveles, techo y bastidor.
- Altura de caja en ambos extremos y centros
- Reviro o diferencia de altura en los puntos de apoyo de la caja con el bogie.
- Contraflecha.

➤ Verificación de la estanqueidad del pabellón

Después de la soldadura se realizará el control de la estanqueidad del pabellón. Éste conlleva en primer lugar la verificación de las soldaduras:

- En el caso de aluminio: por líquidos penetrantes. Prueba de estanqueidad neumática, por diferencia de presión, en tiempo transcurrido.
- En el caso de acero: por partículas magnéticas o líquidos penetrantes.

La zona de pantógrafo, la de incorporación del aire acondicionado de viajeros y cabina, y en general la cubierta, será tratada especialmente comprobándose, aparte de la estanqueidad, el correcto drenaje de esta parte, al objeto de que se produzca una perfecta evacuación del agua.

Esta prueba se repetirá en el vehículo acabado, después de pasar satisfactoriamente todas las pruebas de ciclos, regulaciones de puertas, así como el resto de equipos principales instalados, ajustados y probados, con el recubrimiento interior..

Se pasará prueba de estanqueidad según norma EN 14752 en todo el contorno de la caja, incluyendo la cubierta.

10.2.2.1.4 *Control de la pintura*

➤ Pintura exterior de caja

Se comprobará que las instalaciones estén provistas de filtros para la entrada de aire, temperatura no inferior a 12°C y humedad no superior al 85%.

Se verificarán los siguientes procesos: Preparación de superficie, pintura de imprimación enmasillado, pintura capa intermedia, pintura de acabado y aplicación de vinilos antigrafiti.

➤ Pintura exterior de techo

Se comprobará la aplicación de las siguientes capas:



- Capa de epoxi.
- Imprimación.
- Capa de acabado grueso.

#### 10.2.2.1.5 Inspección del interiorismo

Se procederá a las operaciones de control siguientes

➤ Control del montaje de las ventanas

De común acuerdo entre el Adjudicatario y FMB, el perfecto amarre de los marcos y lunas, se definirá con una prueba específica para comprobar la potencial salida de la luna o ventana del perfil de caucho, o de su despegue, en caso de que vaya pegada.

➤ Inspección del montaje del aparellaje

La vigilancia se ejercerá por muestreo durante la ejecución de los trabajos.

➤ Inspección de la instalación del cableado eléctrico y apriete de conexiones

El cableado después del conexionado y marcado se presentará al inspector antes de la colocación del aparellaje (por ejemplo: el cableado bajo el bastidor antes del montaje de los cofres, el pupitre pre-cableado antes de su emplazamiento en la cabina, etc.).

Después de verificar la conformidad con los planos en su montaje, las mangueras de unión de los hilos de tren no permitirán su estrangulamiento o dobleces.

El control unitario de cables y mangueras se efectuará previamente por el servicio de inspección del Adjudicatario. FMB inspeccionará por muestreo entre los lotes presentados.

El Adjudicatario asegurará que no se produzca ningún deterioro por el movimiento y por las vibraciones al circular los trenes. Es necesario embridar adecuadamente los cables cuidando especialmente que las aristas vivas de los perfiles que estén en contacto con los cables, se protejan adecuadamente.

El apriete de las conexiones se efectuará con llave dinamométrica, marcando la posición.

Verificación y aprobación por parte de FMB de los procesos especiales como:

- Pintura
- Soldadura
- Grimpado
- Pares de apriete

- Sellados o adhesivados especiales (vidrios frontales) o trampillas laterales, pavimento del suelo de la sala de pasaje, por ejemplo.
- Curvado de tuberías.
- Y otros que el Adjudicatario considere.

➤ Verificación general de la caja

Las operaciones de control se efectuarán siguiendo los planos de proyecto y cuidando especialmente los detalles de acabado del revestimiento interior del compartimiento de viajeros.

➤ Piso

Al margen del envío de las certificaciones de ensayo oficial a que ha sido sometido el material del pavimento y sus elementos, en el taller del Adjudicatario se revisarán por FMB o entidad Inspectora, antes y durante la colocación del pavimento:

- a) Los materiales empleados.
- b) Colocación.
- c) Juntas de unión.
- d) Pruebas de despegue.
- e) Acabado final.
- f) Prueba de resistencia a la abrasión del pavimento.

Una vez colocado y después del tiempo prescrito para el secado, se realizará una prueba de estanqueidad al agua, particularmente en los lugares de unión y rodapiés, igualmente se comprobará la ausencia de flexiones irregulares, al paso ni marcado de las zonas de unión de tableros, riostras, etc.. La prueba de estanqueidad al agua se realizará con gran cantidad de ésta, imitando un lavado del suelo por baldeo.

Estas comprobaciones se ampliarán con las observaciones realizadas en los primeros tiempos de explotación, sobre todo en relación al marcado de las zonas de pavimento y la facilidad de limpieza.

➤ Pasillo de intercurrencia

El Adjudicatario definirá un protocolo, simulando las condiciones de curva, peralte, etc. de línea, cocheras y talleres que será sometido a la aprobación de FMB.

#### 10.2.2.1.6 Control del acabado de los coches

Este control comportará los puntos siguientes:

➤ Control del montaje definitivo de las puertas

Después de consultar los planos de montaje, se verificará:

- a) Los juegos.
- b) La anchura de las guías de las puertas.
- c) El reglaje del sistema de seguridad de las puertas.
- d) Que no exista ningún roce entre las hojas y la armadura.
- e) El par de apriete y marcaje de los tornillos de fijación.
- f) Se efectuará un rodaje de al menos 8 horas o 1000 ciclos, simulando las condiciones reales del funcionamiento de las puertas. En caso de fallo de una puerta se repetirá la prueba completa desde el inicio.

➤ Control del montaje de los asientos

Se verificará la fijación de los asientos. En todos los casos deberá quedar asegurada la intercambiabilidad de los mismos.

➤ Inspección de pictogramas y rótulos

Se efectuará inspección ocular para su aceptación o rechazo, debiendo ser del tipo indeleble.

Evitando esquinas a 90 grados que permitan la vandalización de los mismos, por despegue por parte del pasaje.

➤ Inspecciones a efectuar en la colocación de los bogies

La colocación del bogie se realizará en la factoría del Adjudicatario, una vez efectuadas el conjunto de las operaciones de control. Debe verificarse el correcto acoplamiento de la caja y del bogie:

- a) Verificación de la fijación de la traviesa bailadora a la caja.
- b) Regulación de la altura de la suspensión y del piso.
- c) Inscripción en curva y "lomo de asno".
- d) Uniones eléctricas y neumáticas.

*10.2.2.1.7 Ensayos de recepción de los vehículos en factoría*

Los ensayos se efectuarán siguiendo las especificaciones del Pliego de Condiciones Técnicas y el programa de ensayos detallado, establecido expresamente por el Adjudicatario para este material y que se presentará en la oferta y será sometida a la aprobación de FMB.

Se establecerá un protocolo que contemple como mínimo los ensayos de la norma UNE-EN 50215 y los que se describen a continuación, tanto para los coches solos como para los trenes quintuples ya formados.

➤ Ensayos dieléctricos siguiendo la recomendación UIC 616

- a) Ensayos de los circuitos de potencia (A.T.) .
- b) Ensayos de los circuitos auxiliares (A.T. ).
- c) Circuitos de baja tensión.
- d) Circuitos de alumbrado.
- e) Circuitos electrónicos.

➤ Medición de aislamientos

- a) Entre cada circuito.
- b) Entre dos circuitos.
- c) Anotación de los valores en la ficha de control.

➤ Ensayos generales de los circuitos

Se trata de verificar el correcto funcionamiento de cada circuito.

Ensayos de tracción

- a) Ensayos estáticos.
- b) Verificación de los sentidos de rotación de los motores.
- c) Ensayos de tracción descritos en los protocolos correspondientes.
- d) Medición vibraciones (5xGMF) de las reductoras y temperaturas.
- e) Ensayos de tracción en vía del Adjudicatario.

Ensayos neumáticos

- a) Verificación del arranque y paro de los compresores.
- b) Verificación del funcionamiento de los reguladores y válvulas de seguridad.
- c) Verificación de la estanqueidad.
- d) Medida de las pérdidas durante 20 minutos, con todos los circuitos en servicio. La disminución de presión debe ser inferior a 1 bar.

Ensayos de los frenos

- a) Verificación de las presiones para cada nivel de esfuerzo de freno exigido.
- b) Verificación de la aplicación real de los frenos en cada bogie.
- c) Verificación de la aplicación y aflojamiento del freno de estacionamiento.

Ensayos de las puertas

- a) Verificación general del funcionamiento:
  - paso entre montantes.

- montante de las juntas, etc.
- b) Medida con dinamómetro del esfuerzo necesario para la abertura y el cierre:
  - motor acoplado.
  - motor desacoplado.
- c) Medida del tiempo de apertura y cierre.
- d) Medición de la fuerza ejercida por la puerta en simulación de atrapamiento.

#### Pesado de los coches

El conjunto de las operaciones ya citadas dará lugar al establecimiento de una ficha de control de ensayos que precisará para cada coche:

- a) Los números de serie marcados sobre el conjunto de la aparamenta instalada sobre cada coche.
- b) El gálibo del vehículo.
- c) Los pesos de los coches.
- d) Las observaciones formuladas sobre el material entregado.

#### 10.2.2.2 Programa de control de los bogies

Se establecerá para los bogies un programa de control análogo al de las cajas. Comprenderá para un programa tipo, las operaciones siguientes:

##### 10.2.2.2.1 *Calderería*

- a) Recepción de las materias primas.
- b) Control del embutido de las chapas.
- c) Control de las soldaduras y de la competencia de los soldadores (piezas de seguridad).
- d) Control del chasis sobre el potro.

Este control se efectuará de una manera análoga al del chasis de la caja.

##### 10.2.2.2.2 *Mecanizado*

Control general de las operaciones de mecanizado.

##### 10.2.2.2.3 *Montaje del bogie*

- a) Conformidad.
- b) Juegos pares de aprietes.

##### 10.2.2.2.4 *Recepción de los bogies*

- a) Control del tarado, de los juegos y de las carreras, para los distintos estados de carga.
- b) Control de los frenos: funcionamiento, control de ejes, juegos, freno de estacionamiento, etc.
- c) Controles eléctricos: medida de aislamiento hilo a hilo.
- d) Control de estanqueidad del circuito neumático.
- e) Ensayos sobre el banco de pruebas, previstos como ensayos de tipo o de serie para los bogies motores.

#### 10.2.2.2.5 Acabados

- a) Pintura e inscripciones.
- b) Engrase, llenado de aceite de los reductores.

#### 10.2.2.2.6 Fichas de recepción

Comprenderán los resultados de los distintos controles.

#### 10.2.2.3 Programa de las principales operaciones de control de los motores de tracción

Los controles a realizar serán los indicados en los apartados siguientes.

##### 10.2.2.3.1 Estator

- a) Parte mecánica.
  - carcasa.
  - cojinetes.
- b) Parte eléctrica.
  - Bobinados.
  - Conexiones.
  - Aislamientos.
- c) Montaje del estator. Cableado. Acabados.
  - Controles del cableado y del aislamiento de las conexiones.

##### 10.2.2.3.2 Rotor

## a) Parte mecánica

- Árbol: verificaciones dimensionales de los diámetros y controles de la concentricidad.
- Cono móvil.
- Ventilador.
- Chapas.

## b) Montaje de la armadura

- Apilado.

## c) Ensayos

- Medición de las resistencias.
- Onda de choque y ensayos de alta tensión a masa.

Inmediatamente después del ensayo de sobrevelocidad, se aplicará una tensión alterna de 3750 V, 50 Hz durante un minuto, entre todos los arrollamientos conectados en serie y la masa.

*10.2.2.3.3 Montaje del motor*

- a) Control de los rodamientos.
- b) Control de la colocación del rotor.
- c) Medida del juego lateral y radial.

*10.2.2.3.4 Ensayos del motor. Ensayos en plataforma*

- a) Medida de las resistencias.
- b) Calentamiento unihorario.
- c) Características de carga.
- d) Sobrevelocidad.
- e) Ensayo dieléctrico.
- f) Medida del aislamiento.

*10.2.2.3.5 Equipamiento del motor*

- a) Control de la estanqueidad de las cajas de bornes y de los registros.

- b) Control de la protección de las partes mecanizadas.
- c) Control del estado de la pintura.
- d) Verificación de la identidad del motor y de sus elementos.

#### 10.2.2.4 Control del equipo de tracción, convertidores estáticos y resto de equipos electrónicos.

El Adjudicatario entregará a FMB la documentación acreditativa de los equipos electrónicos siguiente:

- Los procesos de selección y homologación de los componentes montados en el equipo.
- Los procedimientos de control de calidad aplicados en la recepción de los elementos del equipo procedentes de suministradores externos.
- Las etapas de fabricación del equipo, detallándose los procedimientos de control de calidad y pruebas que se efectúan en cada una de ellas.

Asimismo el Adjudicatario elaborará un Plan de Control de la fabricación de los equipos, que deberá ser sometido a la aprobación de FMB, en el cual se señalarán los hitos más relevantes susceptibles de ser sometidos a inspección por parte de FMB.

El Adjudicatario deberá asegurar la trazabilidad de la fabricación de los equipos desde el acopio de componentes hasta las pruebas tipo o serie finales.

#### 10.2.2.5 Control de los subcontratistas

Los controles itinerantes asegurarán la recepción de los aparatos y subconjuntos más importantes, instalados en los coches. Se establecerá un documento de acuerdo con el Adjudicatario dentro de la lista de los aparatos a recepcionar en las fábricas de los subcontratistas. Esta lista comprenderá, en particular, las baterías, compresores, grupos convertidores, aparatos de freno, enganches, etc. Precisarás las operaciones de recepción así como los ensayos a realizar, que someterá a la aprobación de FMB.

Para proceder a la recepción de aquellos equipos que deban superar pruebas serie, será condición necesaria que estos vengán acompañados con la documentación, justificativa de que dichas pruebas han sido realizadas y superadas. Certificados 3.1 según EN 10204 en su última versión.

##### 10.2.2.5.1 *Aparatos de conmutación*

#### Interruptores, Seccionadores, Conmutadores y relés

La normativa aplicable a estos materiales es la siguiente, o las equivalentes más actualizadas:

NF C 45.250                      Relés eléctricos. Relés todo o nada.

NF C 62.002                      Material ferroviario. Relé todo o nada encapsulado.



CEI 77

UIC 616

CEI 408 Interruptores, seccionadores, interruptores y seccionadores combinados con fusibles a baja tensión.

NF C 61.120 Interruptores y conmutadores para aparatos.

NF C 63.130 Interruptores. Seccionadores. Conmutadores.

NF C 94.412 Componentes electromecánicos. Interruptores e inversores de báscula. Prescripciones generales.

UNE-EN 60129:96 Seccionadores de corriente alterna para alta tensión y seccionadores de puesta a tierra.

UNE 20103 Interruptores automáticos de baja tensión para circuitos de distribución.

UNE 20314 Aparatos eléctricos de baja tensión. Reglas de seguridad. Protección contra choques eléctricos.

El control se efectuará por muestreo.

#### Contadores. Disyuntores de uso general

Se aplicará la siguiente normativa:

NF C 20.040 Líneas de fugas y distancia de aislamiento en el aire.

NF C 63.110 Contadores. Reglas (o su equivalente).

NF C 63.120 Disyuntores. Reglas.

UNE-EN 61095:99 Aparata de maniobra de baja tensión. Contadores.

CEI 77157-1

El control se efectuará por muestreo.

#### *10.2.2.5.2 Motores auxiliares industriales*

Si son de corriente continua soportarán los ensayos de tipo y de serie señalados en la norma CEI 349-1, según un programa simplificado respecto de los motores de tracción, que no comprenderá los ensayos

de investigación. Esta norma y las pruebas a que hubiese lugar, quedarán complementadas por las normas UNE 20113 y 20116, referentes a máquinas eléctricas rotativas.

Los motores de alterna soportarán ensayos de tipo y de serie.

Los ensayos de tipo se realizarán con el motor alimentado por su convertidor, tal como esté en el tren. Comprenderán:

- a) Medida de las resistencias.
- b) Sentido de rotación.
- c) Calentamiento.
- d) Medición de las características par-velocidad, potencia.
- e) Ensayos dieléctricos según la norma CEI 349-2.
- f) Ensayos de cortocircuito rotor bloqueado.

A continuación de estos ensayos, se determinará, para los ensayos de serie, un régimen equivalente en alimentación a 50 Hz.

Los ensayos de serie comprenderán:

- a) Medida de las resistencias, que deberán ser idénticas ( $\pm 6\%$ ) a las obtenidas en el ensayo de tipo del motor.
- b) Funcionamiento en un punto característico de cada régimen de definición, (la intensidad no debe variar en un  $\pm 10\%$  de la del ensayo tipo).
- c) Ensayos dieléctricos según la norma NF C 51.111.

#### 10.2.2.5.3 Ventilación

Los controles particulares sobre los grupos de ventilación verificarán:

- a) El equilibrado del motor, que deberá respetar un grado 2,5, se regirá según la norma ISO 1940.
- b) El equilibrado del conjunto, que deberá respetar un grado 6,3, se regirá según la norma ISO 1940.
- c) Un ensayo de funcionamiento permitiendo determinar los regímenes de funcionamiento, sobre un cajón equivalente para el primer equipo según la norma.

#### 10.2.2.5.4 Equipos electrónicos, sistema informático embarcado, sistemas de comunicación, sistemas de conducción automática sin conductor .

Los Adjudicatario de estos sistemas establecerán para cada uno de los elementos constitutivos del sistema, una prueba tipo y serie que deberá ser aprobada por la Inspección de FMB.

El Adjudicatario estará obligado a realizar dichas pruebas previo el montaje en el tren, respetando la normativa aplicable en cada caso.

El Adjudicatario del equipo de radiotelefonía realizará una puesta a punto final en las dependencias de FMB y condiciones reales de servicio.

Para aquellos equipos que precisen una puesta a punto final en las dependencias de FMB y en condiciones reales de servicio, también se establecerá una prueba tipo y serie que deberá ser aprobada por FMB.

#### *10.2.2.5.5 Resistencias de freno*

Se verificará la conformidad de las resistencias de freno con la prescripción CEI 322.

#### *10.2.2.5.6 Conductores y cables eléctricos*

Las verificaciones y ensayos se consignarán en las fichas de control de ensayos establecidos por el Adjudicatario y se enviarán al control, pudiéndose efectuar las verificaciones por muestreo.

Los conductores llevarán impreso en la cubierta, el lote, siglas de FMB, sección, número de conductores, tensión de aislamiento, etc.

#### Ensayos en la totalidad del suministro

Cumplirá lo establecido en la norma UNE de referencia para ensayos de cable en baja y alta tensión.

- a) Ensayos de rigidez dieléctrica en seco sobre los cables apantallados
  - Entre conductores.
  - Entre conductores y pantalla.
- b) Ensayo de rigidez dieléctrica después de la inmersión en agua para los conductores y cables no apantallados.
- c) Medida de la resistencia de aislamiento.

#### Ensayos y verificaciones efectuados por muestreo sobre una muestra de cables y conductores acabados

- a) Verificación del aspecto superficial de la banda de protección.
- b) Verificación de las inscripciones y marcas del cable sobre la banda.
- c) Verificación del diámetro exterior del cable y de su cilindrada.

- d) Verificación de la constitución del cable y del marcado de los conductores.
- e) Verificación del espesor y del centrado de las bandas aislantes y de protección.
- f) Medida de la resistencia lineal de los conductores.
- g) Verificación del estañado de los hilos de cobre.
- h) Verificación de la resistencia a la propagación de la llama y opacidad de humos y libre de halógenos.

#### Ensayos a efectuar por el suministrador

Los siguientes ensayos los efectuará el suministrador y los resultados se plasmarán sobre fichas de control de ensayos.

- a) Verificación de la continuidad de los conductores.
- b) Verificación de las características mecánicas de las envolturas aislantes y del revestimiento en estado de conexión y después de un envejecimiento acelerado.
- c) Ensayos de arrollamiento a baja temperatura y ensayos de congelación sobre las cubiertas de los conductores y el revestimiento de protección de cloruro de vinilo.
- d) Verificación de la resistencia de las bandas de protección al aceite mineral.

#### Normativa

- a) Datos generales.

En los cables a utilizar y sobre todos los de alta tensión, se tendrá en cuenta la tensión de catenaria, las tensiones parciales que puedan generarse en los circuitos de A.T. y sus efectos en las secciones de cables para la tensión más baja.

En todos los cables a emplear se indicarán, mediante los certificados correspondientes, las características y los datos siguientes:

- Fabricante.
- Tipo, color y denominación comercial.
- Sección y composición.
- Tipo y espesor del aislamiento nominal.
- Diámetro exterior nominal.
- Peso aproximado en kg/km. En cables especiales se indicará además la capacidad en pF/m.
- Carga permanente en A.
- Temperatura de trabajo permanente.
- Tensión nominal del cable.
- Tensión de prueba.
- Tensión de servicio.

- Resistencia de aislamiento según normas UNE 21026; UNE- EN 21027-09; UNE 21028; UNE-EN 21028-98; UNE 21119.
- Ensayos de tensión según normas UNE 21026; UNE-EN 21027-98; UNE-EN 21028-98; UNE-EN 21031-98; UNE 21119.
- Ensayos de aislamiento y cubiertas según normas UNE-EN 60811-96; UNE 21022, UNE 21064.
- Lugar y fecha de realización de los ensayos.

b) Verificación de las características generales de los cables.

Se comprobará que todos los tipos de cables a utilizar cumplen lo especificado en la ficha UIC 895-OR.

c) Pruebas y reacción al fuego y de emisión, opacidad y toxicidad de humos.

Antes del comienzo del montaje del cableado, el Adjudicatario deberá entregar a FMB el certificado correspondiente, expedido por el laboratorio oficial, de la calificación, tanto de reacción al fuego como de emisión, opacidad y toxicidad de humos de todos los cables a utilizar según norma UNE-EN 45545.

FMB deberá dar su aprobación antes de proceder al montaje.

Asimismo, FMB podrá proponer pruebas alternativas de ensayo de los cables al fuego, según UNE-EN 50265-99.

d) Otras pruebas.

De común acuerdo entre FMB y el Adjudicatario, todos o algunos de los diferentes tipos de cables a utilizar podrán ser sometidos a alguna o todas de las pruebas siguientes:

- Ensayos de flexibilidad según CEI 228. Esta prueba será obligatoria para los cables de motores.
- Ensayo de resistencia de aislamiento según UNE 21026, UNE-EN 21027-98; UNE-EN 21028-98; UNE-EN 21031-98; UNE 21119.
- Ensayo de humos corrosivos, según UNE-EN 50267-98; CEI-754, o CEI-332.
- Ensayos de contenido de halógenos, según UNE-EN 50267-99 21147 o CEI 754.
- Ensayo de resistencia al aceite, según MIL-C-915 E o ASTM equivalente.
- Ensayo de características mecánicas según UNE 21123.
- Ensayo de temperatura admisible, según CEI-216.
- Ensayo de constitución del conductor, según UNE 21022 o CEI 228.
- Ensayo de desgarró, según BS-6899.

- Ensayo de abrasión, según DIN-53516.

FMB podrá rechazar el empleo de aquellos cables en los que considere que los resultados de alguna de estas pruebas no han sido satisfactorios.

Sobre coche montado se comprobará la correcta ejecución del cableado (fijaciones, guías mazos, articulaciones, ausencia de roces) etiquetado, comprobándose que son indelebles.

Se comprobará asimismo, la existencia de cables de reserva, su identificación y localización de extremos.

#### 10.2.2.6 Operaciones de control de piezas mecánicas y materias primas.

La naturaleza de estos controles debe definirse en función del programa a realizar. A título orientativo se indican a continuación algunos ejemplos.

##### 10.2.2.6.1 *Piezas moldeadas*

Los subpedidos deben redactarse con precisión, y llevar las indicaciones siguientes:

- El nº de venta.
- El nº de subpedido.
- El tipo de piezas pedidas.
- La cantidad de piezas pedidas.
- El nº de plano.
- El nº del modelo.
- Las condiciones de ejecución desbaste, chorreado, pintura.
- La calidad del material.
- El marcado de las piezas.
- Los números y referencias de las normas para la recepción.
- El principio a adoptar las reparaciones eventuales.
- La clase de defectos admisibles (gammagrafías clase ASTM).
- Los plazos de fabricación.
- Las condiciones de convocación del receptorario.
- Normas utilizadas para las recepciones.

Se distinguirán dos casos:

#### Piezas tipo

- a) Para el caso de grandes piezas (carcasas). Ensayos no destructivos. Examen de gammagrafías (si está previsto en la especificación) con definición de la clase ASTM de aceptación de defectos: veteaduras, oquedades, inclusiones, grietas.

Determinación de las partes de la pieza a gammagrafiar. Examen de la pieza por ultrasonidos.

Determinación de los puntos críticos a inspeccionar por ultrasonidos.

- b) Para el caso de piezas pequeñas (30 kg). Ensayos destructivos.

La pieza se destruirá en presencia del inspector, por torneado, aserrado o amolado, observando su homogeneidad (en el caso de soportes, platos de apriete, piezas de unión).

Se determinará cuáles serán los ensayos aplicables a las piezas de serie.

#### Piezas de serie

Se efectuarán las intervenciones siguientes:

- a) Ensayos mecánicos.
- Tracción.
  - Resiliencia.
  - Permeabilidad magnética.
- b) Análisis químico.
- c) Verificación dimensional por muestreo.

#### *10.2.2.6.2 Piezas forjadas*

- a) Control del 50% de los productos:

Características químicas.

Características mecánicas.

Características geométricas.

Características físicas.

Características tecnológicas.

- b) Control de piezas moldeadas, desbastadas o acabadas:

Recocido de normalización.

Tratamiento térmico.

Verificaciones.

Ensayos.

#### 10.2.2.6.3 Ejes y ruedas

La entrega de las materias primas se efectuará de acuerdo con la norma UNE 36007. Condiciones generales técnicas de suministro de productos siderúrgicos.

Los ejes se verificarán además por ultrasonidos.

Los productos acabados estarán controlados desde el punto de vista dimensional.

Se realizarán controles sobre las materias primas, mediante probetas (dureza HB, resiliencia, tracción, composición química), según las normas que se describen.

Las pruebas y controles se realizarán a la totalidad de ejes y ruedas.

Las normas de referencia son:

UIC 811	Especificación técnica para la fabricación de ejes para material remolcado.
UIC 812	Especificación técnica para la fabricación de ruedas monoblocs en acero no aleado, laminado o moldeado para material móvil, motor y remolque.
UNE 36006	Tratamientos térmicos de los productos férreos. Terminología y definiciones.
UNE 7282	Toma y preparación de muestras y probetas de productos de acero laminado y forjado.
UNE 7262	Ensayo de tracción para productos de acero.
UNE 7290	Ensayo de flexión por choque con probeta entallada de productos de acero.
NF A 04.101	Productos metalúrgicos. Pruebas magnetoscópicas (detección con líquidos magnéticos).



UNE 7280	Determinación del tamaño de grano en aceros.
UNE 7278	Inspección de chapas por ultrasonidos.
NF A 5.151	Productos siderúrgicos. Examen macrográfico por sales de plata y ácido sulfúrico. Método de Baumann o de impresión al azufre.
NF F 01.104	Rodamientos para cajas de grasa. Control de recepción.
NF F 01.026	Marcado de los ejes, ruedas, bandajes y ejes montados. Definición de las marcas.
NF F 01.027	Marcado de los ejes.
NF F 01.110	Centro de mecanizado tipo A, acabado para ejes.

#### 10.2.2.6.4 Reductores

Se realizará un control del material por colada y uno por conjunto después de haber seguido el tratamiento térmico. Estos controles se realizarán sobre barras testigo mediante ensayos destructivos.

Las piezas en bruto forjadas se tratarán de forma similar a la de los ejes.

Durante la fabricación, se procederá a los controles siguientes:

- Tratamiento.
- Estado superficial.
- Dimensional.
- Búsqueda de grietas.
- Controles sobre registro gráfico de la geometría de los dientes y del engranaje. Estos controles se efectuarán mediante máquinas especiales.

Se verificará:

- La despulla.
- El error individual del paso.
- El error total de división.
- El error total de perfil.

- El error compuesto radial.
- El salto radial.
- El salto de distorsión.

El conjunto de normas utilizadas en el curso de estos controles es:

UNE 7282	Toma y preparación de muestras y probetas de productos de acero laminado y forjado.
UNE 7262	Ensayo de tracción para productos de acero
UNE 7017	Determinación de la dureza de productos de acero por el método Brinell.
UNE 7053	Ensayo de dureza en productos de acero por el método Rockwell.
UNE 7054	Determinación de la dureza en productos de acero por el método Vickers.
UNE 7290	Ensayo de flexión por choque con probeta entallada de productos de acero.
NF A 04.101	Productos metalúrgicos. Pruebas magnetoscópicas (detección con líquidos magnéticos).
NF A 04.102	Determinación del tamaño de grano ferrítico o austenítico de los aceros.
NF A 04.106	Métodos de determinación del contenido de inclusiones no metálicas en aceros laminados y forjados Parte II - Método micrográfico con la ayuda de imágenes tipos.
NF A 04.202	Productos siderúrgicos. Determinación y verificación de la profundidad convencional de cementación.
NF A 04.203	Productos siderúrgicos. Determinación de la profundidad convencional de temple después de calentamiento superficial.
NF A 04.204	Productos siderúrgicos. Determinación del espesor total o convencional de las capas delgadas endurecidas superficialmente.
NF A 05.150	Productos siderúrgicos. Técnicas de examen micrográfico.

NF A 05.151	Productos siderúrgicos. Examen macrográfico por impresión a las sales de plata y al ácido sulfúrico. Método llamado de Baumann o impresión al azufre.
NF A 05.153	Productos siderúrgicos. Examen macroscópico por ataque con sales de cobre.
NF A 05.154	Productos siderúrgicos. Técnica de réplica metalográfica (examen óptico).
NF F 00.027	Rosca gas.
NF E 03.053	Roscas métricas con perfil triangular. Sistema ISO de tolerancia de roscas. Calidad media 6H/69 para bulones y otras aplicaciones usuales.
NF E 05.015	Estado superficial de los productos. Prescripciones. Generalidades. Terminología. Definiciones.
NF E 23.006	Precisión de los engranajes paralelos con dentado de envolvente.

### 10.2.3 Niveles de control a aplicar a los diferentes órganos del vehículo

Las propuestas indicadas en este capítulo son a título orientativo. Serán precisadas de común acuerdo entre FMB y el Adjudicatario, en función del diseño de los equipos. Los niveles de control indicados corresponden a los definidos en el apartado “10.3.2.2.5 Principios del programa de la Inspección de fabricación”.

#### 10.2.3.1 Caja

<b><u>Material</u></b>	<b><u>Nivel de control</u></b>
Montaje general en fábrica .....	4
Montaje de la caja .....	4
Piezas moldeadas de aleación ligera .....	2
Perfiles y chapas de la estructura .....	2
Enganches y barras .....	4
Bulones de seguridad .....	2
Piso .....	2

Cristales y parabrisas .....	3
Revestimiento del suelo .....	2
Puertas y mecanismos .....	4
Placas de decoración .....	2
Uniones de las ventanas y puertas .....	2
Asientos .....	2
Cables .....	2
Baterías .....	1
Convertidores estáticos .....	4
Grupo compresor .....	4
Equipo control freno neumático .....	3
Depósitos de aire .....	2
Uniones neumáticas .....	2
Electroválvula de freno .....	3
Equipo antibloqueo .....	3
Sistemas de comunicaciones .....	4
Tacogeneradores y captadores de velocidad .....	2
Equipo ATP-ATO .....	4
Equipo de conducción automática sin conductor .....	4
Equipo registrador (caja negra) .....	4
Pantógrafo .....	3
Manipuladores, selector, etc. ....	4
Equipo aire acondicionado .....	4

Aparatos de alarma .....	3
Conmutadores .....	1
Mangueras entre vehículos.....	4
Mangueras de conexión de aparatos .....	4
Fusibles .....	2
Armarios de relés .....	2
Sistema informático embarcado .....	4
Sistema de videovigilancia.....	4
Tren-Stop .....	3

#### 10.2.3.2 Bogies

<u>Material</u>	<u>Nivel de Control</u>
Productos siderúrgicos .....	2
Montaje de los bogies .....	4
Chasis y traviesas .....	4
Piezas embutidas y forjadas .....	2
Elementos de caucho .....	2
Ruedas.....	4
Ejes .....	4
Depósitos de la suspensión .....	2
Válvulas de nivelación .....	2
Amortiguadores .....	2
Montaje del reductor .....	4
Carter del reductor .....	2

Engranajes .....	4
Montaje de la timonería de freno .....	4
Cilindros de freno .....	3
Cables .....	2
Bulones de seguridad .....	2

#### 10.2.3.3 Motores de tracción

<u>Material</u>	<u>Nivel de Control</u>
Montaje de los motores .....	4
Carcasa motor .....	2
Eje motor .....	3
Rodamientos .....	2
Hilo de bobinado .....	1
Rotor .....	4
Ventiladores .....	2
Cables .....	2
Captadores de velocidad .....	2

#### 10.2.3.4 Equipo de tracción

<u>Material</u>	<u>Nivel de control</u>
Equipo electrónico de control .....	4
Circuito de potencia .....	4
Bobinas .....	4
Condensadores de potencia .....	4
Soportes .....	2

Hilo de bobinado .....	1
Bulones y tornillos de seguridad .....	2
Cables .....	2
Contactores A T .....	3
Disyuntor .....	4

#### **10.2.4 Ensayos y controles**

##### **10.2.4.1 Generalidades**

El presente documento, recoge las operaciones básicas a realizar para la homologación de equipos para su posterior suministro.

Junto a este documento, deberá tenerse en cuenta todo lo expuesto anteriormente en este pliego de condiciones técnicas en lo referente a ensayos.

Los ensayos comprenden los de homologación de ciertos subconjuntos y los ensayos de serie.

Se deberán realizar las pruebas y ensayos de todos los equipos suministrados según como mínimo, el listado de normas adjunto, para la homologación por parte de FMB de todos los equipos.

Antes del inicio de los ensayos en la primera unidad, el Adjudicatario presentará a FMB un programa detallado con todas las pruebas previstas para cada equipo y subconjunto que se crea conveniente. FMB por su parte aprobará o propondrá las modificaciones que se crean necesarias para iniciar el proceso.

El Adjudicatario se compromete a entregar a FMB el conjunto de protocolos de pruebas de las diferentes funcionalidades del tren descritas en este mismo Pliego de Condiciones Técnicas.

Por otra parte, los trenes completos serán objeto de ensayos particulares; el primer tren se someterá a ensayos de tipo para homologar y ajustar los equipos del tren. Todos los trenes se someterán a ensayos de serie.

Los ensayos dinámicos tipo y serie se realizarán en una vía de pruebas fuera de las instalaciones de FMB. Será responsabilidad del Adjudicatario disponer de vía de pruebas y de los recursos necesarios para realizarlas.

Para aquellas pruebas que sea imprescindible ser realizadas en las vías de FMB, el Adjudicatario deberá considerar que la disponibilidad para tales pruebas será de 3 (TRES) horas en horario nocturno de dos días laborables por semana.

Todos los ensayos y resto de pruebas deberán ser realizadas por personal cualificado y en presencia de personal de FMB. Al finalizar dicho ensayo, se deberá cumplimentar la correspondiente hoja de aprobación, donde deberá aparecer la siguiente información:

- Nombre del fabricante con el correspondiente número de serie del equipo.
- Características principales del equipo o subconjunto.
- Normativa aplicada durante el ensayo para la obtención del resultado.
- Valores extraídos durante el ensayo con sus correspondientes tolerancias.
- Lugar, fecha y firmas de los responsables del ensayo, tanto de FMB como del personal asignado por el Adjudicatario.

Todas las normas que se utilicen para la ejecución de las correspondientes pruebas y ensayos deberán entregarse a FMB antes de la finalización del proyecto.

Todos los ensayos se realizarán sin coste alguno para FMB.

#### 10.2.4.2 Listado de normas

##### 10.2.4.2.1 Varios

Cálculo ocupación cinemática	UIC-505-5
Vibraciones mecánicas	UNE-EN 12299
Comportamiento dinámico y ensayos estáticos de los vehículos ferroviarios	UNE-EN 14363
Cálculo soportes sujeción elementos suspendidos	UIC-566
Requisitos de dimensionamiento de la estructura de la caja	UNE-EN 12663-1
Sistemas de intercurrencia entre vehículos (Mediciones acústicas)	UNE-EN 16286-2
Masas de referencia de los vehículos	UNE-EN 15663
Pinturas y barnices	UNE-48.000
Imprimación y esmalte	Norma UIC-UNE
Materiales plásticos (Ensayo de dureza Barcol)	UNE 53270
Iluminación interior	UNE EN 13272
Diseño de cabina	UIC 651 UIC 612
Parabrisas frontales de cabina	UNE-EN 15152
Grado protección botonera	DIN-40053
Pruebas pintura	Norma UIC-UNE
Elementos elásticos	UNE EN 13913
Requisitos estructurales de los bastidores de bogie.	UNE- EN 13749
Ejes (requisitos del producto)	UNE-EN 13261
Ejes portadores (Método de diseño)	UNE-EN 13103
Ejes motores (Método de diseño)	UNE-EN 13104



Ruedas (tolerancias y requisitos del producto)	UNE-EN 13260 UNE-EN 13262
Ruedas monobloque, forjadas y laminadas (Procedimiento de aprobación técnica)	UNE-EN 13979-1
Cajas de grasa (Rodamientos)	UNE-EN 12080
Cajas de grasa (grasas lubricantes)	UNE-EN 12081
Cajas de grasa (Ensayo de funcionamiento)	UNE-EN 12082
Frenos	UIC-541-3 EN 13452-1 y EN 13452-2 UIC 544-1
Sistema Antibloqueo en frenado	EN 15595
Depósitos de freno	EN 286-3
Tomas de masa	UIC-610-0
Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos	UNE-EN ISO 9712
Soldeo de vehículos y de componentes ferroviarios (Requisitos de calidad y certificación del fabricante de soldeo)	UNE-EN 15085-2
Puertas de acceso	UNE-EN 14752
Accesibilidad	RD 1544/2007
Ruido exterior	UNE EN ISO 3095
Ruido interior	UNE EN ISO 3381
Ruido en cabina de conducción	UNE EN 15892
Bocinas	EN 15153-2
Inteligibilidad del habla	UNE EN 60268-16
Obsolescencia	UNE-EN 62402
Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad	UNE EN 50126 UNE EN 50128 UNE EN 50129 Reglamento 402/2013 (modificado por UE/2015/1136) CLC/TR 50126-3
Comportamiento ante el Fuego	UNE EN 45545
Ventilación en cabina de conducción	UNE EN 14813
Ensayos del material rodante al término de su construcción y antes de su puesta en servicio.	UIC 610 UNE-EN 50215

#### 10.2.4.2.2 Listado específico para Pavimento

Aislamiento acústico de contacto	UNE EN ISO 140-8
Flexibilidad y plegado	UNE EN 435
Resistencia a carga electrostática.	UNE EN 1815
Resistencia al deslizamiento	DIN 51130 y Merkblatt ZH 1/571

Espesor	UNE EN 428
Dureza	ISO 7619
Resistencia a la abrasión	ISO 4649
Resistencia al punzonamiento	UNE EN 433
Resistencia a cortadura	ISO 34-1
Resistencia al cigarro incandescente	EN 1399
Resistencia a agentes químicos	UNE EN 423
Estabilidad de colores frente a fuentes luminosas	ISO 105-B02 (método 3)

#### 10.2.4.2.3 Materiales Metálicos

Suministro materiales metálicos	UNE-36801
Dimensionado redondo acero	DIN-671, 1013 y 59110
Dimensiones chapa acero	DIN-1541 (fina), 1542 (media), 1543 (gruesa)
Dureza chapa	UNE-7017 y 7053
Plegado	UNE-7185
Embutición	UNE-7228

#### 10.2.4.2.4 Tubos de acero

Tubos acero precisión	DIN-2391
Tubos rosca	DIN-2441
Dimensiones de probeta	UNE-7010
Calidad superficial	DIN-50104 UNE-19002
Ensayos aplastamientos y otros	DIN-50135 UNE-19062

#### 10.2.4.2.5 Cables de alambre y acero

Clasificación	DIN-59110
Carga de rotura	DIN-2078
Flexión alternativa	DIN-51211
Ensayo galvanizado	DIN-51213

#### 10.2.4.2.6 Llantas de acero

Llantas de acero, perfiles laminados, pletinas y flejes	UNE-3651
---	----------

#### 10.2.4.2.7 Perfiles laminados

Clasificación perfiles laminados	DIN-1024 a 1029
----------------------------------	-----------------

#### 10.2.4.2.8 Muelles

Ensayos de muelles	DIN-50351(dureza), (tracción), 2089 (flexión)	50146
--------------------	---	-------

#### 10.2.4.2.9 Aluminio

Aluminio	UNE-38002-200-300 (clas.), DIN-1784-95-99 (dureza), UNE 7256 (tracción)
----------	---

#### 10.2.4.2.10 Vidrios

Vidrios de seguridad	UIC-617-4 UNE-108.131
Vidrios mamparas de cabina	UNE-23801 y 23093

#### 10.2.4.2.11 Cables

Características generales	UIC-895 OR, EN 50343
Aislamiento y tensión	UNE-21026 a 28, 21D31 y 21119
Alambre de cobre	UNE-20003, 21011, 21022 y 21064
Reacción al fuego y toxicidad	UNE-45545
Flexibilidad	CEI-228
Características mecánicas	UNE-21123
Temperaturas admisibles	CEI-216
Contenido humos y halógenos	CEI-754, UNE-EN 60754-2:2014
Resistencia al aceite	Normas ATSM
Constitución del conductor	CEI-228
Desgarro	BS-6299
Abrasión	DIN-53516

#### 10.2.4.2.12 Equipos eléctricos y electrónicos

Disyuntor extrarrápido	CEI-77157--1 y VDE-0660-1 EN 60077-3
Electrónica de potencia	CEI-411-5 / 146, IEC 61287
Regulador de mando	VDE-0115

Convertidor estático	CEI-146-2/22b31, VDE-0558 y CEI-571
Ondulador auxiliar	VDE-0535
Contactor de descarga	CEI-77
Contactor de ondulator	CEI-77
Contactor de batería	CEI-77
Descargador de sobretensión	CEI-99-1 (70) y VDE-0675-1
Condensador de red	VDE-0660-5
Regulador de marcha - freno	CEI-571 y CEI-168
Vigilancia 50 Hz y convertidor de señal 50 Hz	CEI-571 y CEI-168
Contactor de condensador	CEI-77 y UIC-616
Contactor de red	CEI-77 y UIC-616
Contactor de marcha - freno	CEI-77 y UIC-616
Contactor de convertidor	CEI-77 y UIC-616
Convertidor media intensidad intermedia	CEI-77
Convertidor media intensidad de red	CEI-77
Convertidor media intensidad de motor	CEI-77
Trafo media tensión de red	CEI-77
Trafo media tensión de motor	CEI-77
Cargador de ondulator	VDE-535
Trafo aislamiento ondulator	CEI-77
Reactancia de red	CEI-310 y VDE-0535-2
Reactancia intermedia	CEI-310
Resistencia de frenado	CEI-322
Ventiladores	VDT-2060 y VDE-0530
Batería	UIC-854 y EN 50272-2
Motor ventiladores. Motor de tracción	UIC-619, CEI-349 y CEI-85
Cajas de bornas	5RC-056
Conj. vent. electrónica de potencia	5RC-057
Conj. vent. resistencias	5RC-057
Convertidor individual alumbrado	UIC-555-1 OR
Grados de protección	CEI-34-8 y EN 60529
Medición de ruido acústico	ISO-1680
Temperaturas admisibles	CEI-563 y EN 50155
Tarado del pantógrafo	DIN-2089
Aparatos de medida	UNE-21318
Informática convertidor estático	LEI-571
Equipos electrónicos	UNE-21318, CEI-571-411, EN 50155
Ensayos de vibraciones	UNE EN 61373
Ensayos combinados cadena de tracción	UNE EN 61377
Red de comunicaciones	IEC 61375
Compatibilidad electromagnética	UNE-EN 50121-3-1, UNE-EN 50121-3-2, CLC/TS 50238-2,

	EN 50500, UNE-EN 45502-2-1, Directiva europea 2013/35/UE, EN 50388 y Recomendación comunitaria 1999/519/CE.
Tomas de masa	VDE-0115 EN 50153
Pararrayos	VDE-0675 y CEI-99-1
Cofre convertidor	CEI-144 y EN 60529.
Aparellaje eléctrico e inductancias	UIC 616 y 618

### 10.3 NORMAS Y ENSAYOS

#### 10.3.1 Generalidades

El presente texto se divide en dos partes:

A. - La definición del control de la fabricación.

B. - La definición de los ensayos.

A.- El control de la fabricación está dividido en tres capítulos:

1. - El primero trata de la gestión de la fabricación. Se indican las obligaciones del Adjudicatario y de la Inspección, y a la organización y el nivel de los controles propuestos, así como algunos ejemplos de intervención.
2. - El segundo propone un programa tipo de las intervenciones previstas para los principales elementos del tren.
- 3.- El tercero propone una clasificación de los niveles de control de la fabricación en función de los elementos considerados.

B.- Los ensayos se dividen igualmente en tres capítulos:

- 1.- El primero precisa la definición general de los ensayos y define las obligaciones del Adjudicatario y de la Inspección de FMB.
- 2.- El segundo trata de los ensayos de subconjuntos constitutivos de los vehículos (homologación), y los ensayos de serie a realizar sobre los principales órganos y sus elementos.
- 3.- El tercero está constituido por una proposición de los ensayos del tren cabeza de serie, ensayos de verificaciones funcionales, de regulación y de investigación y una propuesta de los ensayos de los trenes de serie.

### **10.3.2 Gestión de la fabricación**

#### **10.3.2.1 Plan de control del Adjudicatario**

##### **10.3.2.1.1 *Presentación del control de calidad***

El Adjudicatario presentará en fase de proyecto su organización general de control. Comprenderá los siguientes puntos:

- a) Organización del servicio de control de calidad
- b) Procedimientos de control en las factorías de los subcontratistas
- c) Disposiciones para la recepción de los materiales
- d) Plan de control de la producción
- e) Lista de las máquinas de ensayo e instrumentos de medida

##### **10.3.2.1.2 *Programa de control del Adjudicatario***

En un período que no debe exceder de doce meses después de la firma del contrato, el Adjudicatario presentará a la Inspección de FMB un programa de control adaptado al proyecto, comprendiendo las partes siguientes:

##### **10.3.2.1.3 *Organización***

El grupo para que pueda ser auténticamente eficaz, debe estar desligado de la oficina técnica y de producción, dependiendo exclusivamente de la dirección.

##### **10.3.2.1.4 *Metodología de control***

El Adjudicatario cumplirá las normas necesarias para garantizar el aseguramiento de la calidad, editando el Plan de Calidad y el Plan de Control de Calidad que serán sometidos a la aprobación de FMB.

##### **10.3.2.1.5 *Control de recepción***

Deben controlarse todos los productos recepcionados. El control puede efectuarse por muestreo estadístico o sobre la totalidad de los productos. Las piezas y subconjuntos deben ser identificados y los certificados e informes de aceptación de los productos deben estar a la disposición de la Inspección de FMB.

##### **10.3.2.1.6 *Certificado de conformidad***

El Adjudicatario podrá establecer un procedimiento que le evite en determinados casos el control por muestreo y ensayos, no siendo necesario un control por parte del Adjudicatario de los materiales o elementos acompañados de un certificado de conformidad total con las especificaciones, expedido por el suministrador. No obstante, la Inspección de FMB puede

solicitar un control por sondeo. El hecho de que las materias sean utilizadas a la vista de su certificado de conformidad, no exime al Adjudicatario de la responsabilidad de emplear las materias de acuerdo a las especificaciones, siendo rechazadas todas las materias no conformes una vez efectuado el muestreo.

#### 10.3.2.1.7 Puntos de control cliente

A fin de asegurar un control permanente de la fabricación el Adjudicatario establecerá un Plan de Control, que deberá ser aprobado por FMB, donde se especifiquen los "puntos de control cliente" en las cadenas de fabricación. Para cada punto, el Adjudicatario establecerá las actas de verificación y control que deberán ser visadas por la Inspección de FMB, el Adjudicatario comunicará a la Inspección de FMB el paso de cada "sistema" a cada "punto de control cliente" en los plazos fijados.

#### 10.3.2.2 Inspección de la Fabricación

##### 10.3.2.2.1 Generalidades

La Inspección de la fabricación ejercida por FMB tiene por objeto el asegurar que durante toda la construcción, ésta se efectúa de acuerdo con las especificaciones técnicas en vigor, para asegurar la calidad de la fabricación y para conseguir un vehículo que funcione con las condiciones de seguridad y fiabilidad, descritas en el Pliego de Condiciones Técnicas.

En todos los casos, la responsabilidad del Adjudicatario está plenamente definida frente a la Inspección de FMB en las condiciones del contrato: el Adjudicatario asegura por sí mismo el control de sus fabricados, mientras que FMB inspecciona este control y recepciona los productos que le son destinados.

Para el inicio del control de la fabricación por parte de la Inspección de FMB, será obligatorio que el Adjudicatario haya cumplido las siguientes condiciones:

- a) Envío de los documentos, planos, especificaciones técnicas, normativa a aplicar y programas de ensayos de primer artículo, inspecciones de tipo y de serie aprobados por FMB y las Planillas de Control de Calidad.
- b) Acuerdo sobre la naturaleza de los controles y recepciones a realizar en las factorías de los suministradores y subcontratistas.
- c) Definición de un plan de las operaciones de control.
- d) Solicitud de la operación de control, por parte de los suministradores, como mínimo diez días antes de la fecha prevista de entrada, asegurando la convocatoria con tres (3) días de antelación.

- e) Establecimiento de los subpedidos siguiendo las modalidades previstas en este Pliego.

#### 10.3.2.2.2 Modalidades de ejecución de la Inspección de FMB de la fabricación

FMB inspeccionará la fabricación tanto al Adjudicatario Principal, como a los miembros del grupo y subcontratistas del mismo, según se indica a continuación.

El Adjudicatario comunicará a la Inspección de FMB las fábricas o talleres en los cuales se desarrollarán las diferentes fases de la fabricación, comprometiéndose a facilitar el libre acceso a sus establecimientos a los agentes encargados por FMB para la vigilancia y poner a su disposición gratuitamente los medios necesarios para el cumplimiento de su misión : despachos, medios de comunicación, personal, material y locales necesarios para los ensayos y verificaciones previstos.

Asimismo, debe facilitarse a estos agentes, una colección completa de planos y nomenclaturas previstas en el proyecto y aprobados por FMB, en soporte electrónico y copia papel si es solicitado.

Los documentos de ejecución serán conservados por el Adjudicatario, a disposición de la Inspección de FMB, que tendrá la posibilidad de pedir los que considere necesarios, para ejercer el control técnico del producto y efectuar las verificaciones que juzgue convenientes para asegurarse que se respetan las cláusulas técnicas.

El Adjudicatario debe avisar con la antelación suficiente, a la Inspección de FMB de todas las operaciones relativas a la construcción del material, de forma que pueda estar presente en la ejecución de éste. En caso contrario, la Inspección de FMB estará en el derecho de rechazar el elemento del suministro construido fuera de control. FMB deberá ser avisada inmediatamente, ante todos los acontecimientos que, por su propia naturaleza, tiendan a modificar el desarrollo previsto de las operaciones o puedan retrasar la entrega.

Los agentes encargados de la inspección podrán hacer, como ya se ha dicho, todas las verificaciones necesarias para asegurarse que las cláusulas técnicas son respetadas, así como suspender cualquier trabajo que les parezca que no se realiza según aquellas. El ejercicio de la supervisión deja enteramente la responsabilidad al Adjudicatario y no limita el derecho de FMB para rechazar los materiales defectuosos durante las operaciones de recepción.

El procedimiento de inspección se aplicará:

- 1) Materiales, piezas y subconjuntos
- 2) A los grandes conjuntos, coches y trenes

#### 10.3.2.2.3 Materiales, piezas y aparatos y subconjuntos



El control se refiere básicamente a la calidad de la ejecución, la conformidad en los planos y cálculos, y el cumplimiento satisfactorio de los ensayos de tipo, ensayos de primer artículo y pruebas serie.

Se ejercerá en todos los casos, independientemente de que los suministradores sean subcontratistas o no.

#### 10.3.2.2.4 *Grandes conjuntos, coches y trenes*

El control se refiere a la fabricación de las cajas de los coches, bogies, motores, equipos de tracción, equipos principales, y otros elementos, efectuado por la Inspección de FMB, que hará la supervisión y las verificaciones necesarias en los distintos estados de la realización.

Participarán en los ensayos parciales y generales de los bogies, motores, equipos de tracción de los coches y trenes formados antes de su expedición, la cual quedará subordinada a la autorización correspondiente dada por FMB.

Por otra parte, deberá enviarse a la Inspección de FMB, copia de todos los pedidos que se cursen referentes al vehículo en construcción. Los subcontratistas procederán de igual forma en la compra de aquellos materiales necesarios. Para cada operación de recepción satisfactoria, la Inspección de FMB librará un boletín de autorización de expedición.

Ante cualquier cambio después de haber lanzado y presentado el proyecto en la revisión de diseño, el constructor está obligado a comunicar cualquier cambio de suministrador, centro de producción, proceso productivo, y/o diseño, que se pueda producir en cualquier fase posterior del proyecto.

Sin la aceptación por escrito por parte de FMB de cualquiera de los cambios mencionados, implica la no aceptación de ellos, y la consiguiente sustitución o modificación por parte del Adjudicatario, para la aceptación de los trenes.

Las verificaciones efectuadas por la Inspección de FMB dejan plena y entera responsabilidad al Adjudicatario que debe asegurar sus propios controles en todos los niveles de fabricación y de ensayos. Estos controles son a cargo del Adjudicatario.

Ninguna de las verificaciones realizadas por el personal de FMB libera total, o parcialmente al constructor de una mala ejecución o funcionalidad de su responsabilidad para con el fallo, y su resolución posterior.

#### 10.3.2.2.5 *Principios del programa de la Inspección de fabricación*

Para el conjunto del suministro las operaciones de inspección se reparten en cuatro niveles:

### 1.- Nivel 1

Este nivel concierne a todos los productos de uso general y para los cuales no se suponen características particulares. No se ejercerá control sobre ellos por parte de FMB en las factorías de los suministradores, pero pueden ser rechazados si no responden a las exigencias.

## **2.- Nivel 2**

El control de nivel 2 afecta a todos los productos, subconjuntos y conjuntos con características impuestas para los cuales se establecerá una ficha de control específica.

FMB podrá ejercer control sobre ellos en las factorías de los suministradores.

## **3. - Nivel 3**

A este nivel pertenecen todos los conjuntos principales, entre los cuales se puede citar, por ejemplo:

- El grupo motor compresor .
- El convertidor estático.
- Los elementos de freno.
- Los elementos de seguridad.
- Los enganches.
- etc.

El control se ejerce a todos los niveles de la fabricación: para cada conjunto, subconjunto o elemento, se establecerá una ficha de control y de ensayos que deben ser aprobadas por la Inspección de FMB.

FMB podrá ejercer control sobre ellos en las factorías de los suministradores.

## **4.- Nivel 4**

Este control es ejercido por los inspectores de FMB en las factorías de los miembros del grupo que fabriquen las cajas, bogies, motores y equipos principales.

El seguimiento de la construcción se efectuará siguiendo las normas habituales aplicadas al material ferroviario y conocidas por los miembros del grupo. El programa lo establecerá el Adjudicatario y lo someterá, con la antelación mínima de dos meses antes del inicio de la fase de fabricación , a la aprobación de la Inspección de FMB.

FMB podrá ejercer control sobre ellos en las factorías de los suministradores.

### *10.3.2.2.6 Prescripciones administrativas concernientes al establecimiento de pedidos*

#### 10.3.2.2.6.1 Establecimiento de pedidos

Los pedidos remitidos al servicio de control del FMB deben llevar obligatoriamente las siguientes informaciones:

- a) El número y la fecha en que se ha efectuado el pedido original enviado al suministrador.
- b) El nombre del suministrador.
- c) La indicación precisa de la factoría encargada de la ejecución.
- d) La denominación y cantidades exactas de los productos solicitados.
- e) Las condiciones de recepción: planos, especificaciones técnicas, etc.
- f) La mención: "estas mercancías solamente pueden ser entregadas con la autorización de FMB".
- g) Las prescripciones que se indican en los apartados siguientes para el establecimiento de pedidos.

#### 10.3.2.2.6.2 Peticiones de recepción

Las peticiones de recepción deben comunicarse mediante documento, 10 días antes de la fecha prevista, asegurando la recepción con 3 días de antelación al envío de los pedidos.

El conjunto de los pedidos o los documentos, deben ser sometidos al control de la Inspección de FMB desde su inicio, en vistas a determinar el tipo de control a aplicar de acuerdo con el programa establecido.

Los aprovisionamientos principales de los subcontratistas y sus suministradores, se efectuarán por medio de pedidos redactados de la misma forma.

#### 10.3.2.2.7 Establecimiento de las fichas de control

Las fichas de control por "punto", contendrán básicamente los datos siguientes:

- Para las cajas :

- a) Homologación de los soldadores y métodos de soldadura.
- b) Cualificación como nivel II de los inspectores de END, según UNE-EN ISO 9712.
- c) Verificación de la calderería después de la fabricación.
- d) Verificación de la estanqueidad del pabellón y techo.
- e) Control dimensional de las traviesas pivote, del chasis, de la calderería, etc.

- f) Aplicación de la pintura y de los rótulos.
- g) Verificación de los revestimientos.
- h) Montaje de las puertas y ventanas.
- j) Listado de instrumentos de medida utilizados en las inspecciones realizadas.

- Para los bogies

- a) Homologación de los soldadores y métodos de soldadura.
- b) Cualificación como nivel II de los inspectores de END, según UNE-EN ISO 9712.
- c) Control dimensional del chasis.
- d) Acabados, conformidad de los juegos, pares de apriete, tratamiento térmico, etc.
- e) Aplicación de la pintura y rótulos.
- f) Engrase, llenado de aceite de los reductores.
- g) Listado de instrumentos de medida utilizados en las inspecciones realizadas.

- Para los motores:

- a) Verificaciones dimensionales y de aspecto después del montaje.
- b) Acabados, conformidad de los juegos, pares de apriete equilibrado, etc.
- c) Control de la estanqueidad de las cajas de bornes, registros, filtros, etc.

- Para los otros sistemas:

El Adjudicatario completará esta lista para cada uno de los subconjuntos u órganos del material móvil, precisará las operaciones de control y establecerá un proyecto de ficha de control sometido a la aprobación de FMB.

#### 10.4 PLANNING DE FABRICACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA

Las fases claves del proyecto son:

- Firma del contrato.
- Finalización de caja en blanca. Firma del acta de inspección de verificación.

- Finalización de la fabricación y pruebas tipo y serie. Firma del acta de salida de tren.
- Pruebas de validación tipo y serie en vías FMB.
- Inicio servicio comercial de la primera unidad. Autorización por autoridad ferroviaria y previo visado por el colegio de Ingenieros Industriales de Catalunya del proyecto.
- Inicio servicio comercial de la serie. Autorización por la Autoridad Ferroviaria.
- Recepción provisional. Inicio de garantía.
- Recepcion definitiva. Finalización de la garantía.

El adjudicatario entregará quincenalmente una actualización del planning y avance de la fabricación, pruebas, y puesta en marcha, que además recoja el resultado de las mismas.

El formato de este planning será acordado con FMB y se hará entrega dos meses antes del inicio de la actividad productiva.

El Adjudicatario propondrá un listado de pruebas serie y tipo por equipo, subsistema y a tren completo que deberá de ser validado por FMB.

Las pruebas y puesta en marcha de los trenes seguirán lo especificado en la norma “UNE-EN 50215 Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Ensayos del material rodante al término de su construcción y antes de su puesta en servicio”. En cualquier caso las pruebas serie y tipo deberán de cumplir como minimo lo especificado en la siguiente tabla:

<b><u>PRUEBAS</u></b>	<b><u>TIPO/SERIE</u></b>
<b><u>GENERAL</u></b>	
Dimensiones generales por coche	T/S
Dimensiones generales unidad	T/S
Gálibo estatico	T/S
Peso coche	T/S
Identificación Elementos Principales MA	T/S
Identificación Elementos Principales MB	T/S
Identificación Elementos Principales R	T/S
Niveles de iluminación por coche	T/S
Estanqueidad Tren	T/S
Iluminación Exterior Alineamiento	T/S
Relación de Elementos de Dotación	T/S
Aspecto y acabado final.	T/S
<b><u>COCHE MOTOR A - B</u></b>	
<b><u>Verificación circuitos eléctricos</u></b>	
Continuidad	S
Prueba de Rigidez dieléctrica	S
Mando tren	S
Circuitos neumáticos	S
Sistemas de seguridad	S
Circuitos de potencia (convertidores/inversores)	S
Puertas	S
Monitorización - Información (red informatica)	S
Verificación resistencia puesta a masa	S

<b>Funcionalidad equipos DE TRACCIÓN</b>	
Equipo tracción	S
<b>Funcionalidad equipos neumáticos</b>	
Equipo neumático (freno y circuitos auxiliares)	S
<b><u>COCHE R</u></b>	
<b>Verificación circuitos eléctricos</b>	
Continuidad	S
Mando tren	S
Circuitos neumáticos	S
Sistemas de seguridad	S
Puertas	S
Monitorización - Información	S
Verificación resistencia puesta a masa	S
<b>Funcionalidad equipos neumáticos</b>	
Equipo de freno	S
<b><u>UNIDAD ACOPLADA</u></b>	
<b>ENSAYOS ESTÁTICOS</b>	
<b>Funcionalidad equipos eléctricos</b>	
Circuitos de mando	S
TCN red	S
Generación BT - MT	S
Control tracción	S
Puesta en servicio tracción	S
Registrador de eventos	S
información al viajero	S
Tren Stop	S
Video vigilancia, video información	S
Puertas	S
Climatización (Sala y Cabina)	S
Detector incendios	S
ATP ATO	S
Equipo de radio tren-tierra	S
Edición software embarcado	S
Puerta de evacuación frontal	S
<b>Funcionalidad equipos neumáticos</b>	
Funcionalidad equipos neumáticos	T/S
<b>Prestaciones de equipos</b>	
Autonomía de baterías	T
Medición nivel de alumbrado	T
Climatización	T
TCMS integración	T
Video vigilancia + Video información	T
Ciclo de trabajo compresor neumático	T
Detección de incendios	T
Equipo de radio	T
Puertas pasaje	T
Registrador de eventos	T
información al viajero	T
Tren Stop	T
Telemonitorización	T
Telemando	T
<b>DINAMICO EN FACTORIA</b>	
<b>Pruebas dinámicas equipo de freno</b>	
Equipo de freno	S
<b>Pruebas dinámicas equipo de tracción</b>	

Equipo de tracción + modo socorro	S
Pruebas EMC	T
<b>Sistemas de seguridad</b>	
Hombre muerto	S
<b>VÍA FMB</b>	
<b>Recepción final</b>	
Comprobaciones después del transporte	S
Compatibilidad Electromagnética EMC	S
Protocolo de aceptación Autoridad Ferroviaria	S
Revisión circuitos mando + puerta frontal después acoplamiento	S
<b>Dinamico en via</b>	
Gálbo en las líneas por donde podrán circular.	T
Modos de conducción	T
Velocidad Comercial.	T
Niveles de Ruido.	T
Estabilidad, Confort y Fuerzas en Carril.	T
Prueba de desalojo de tren	T
Pruebas de Rescate	T
Mediciones térmicas	T
Mediciones neumáticas	T
Mediciones de consumo energético	T
Mediciones bogies: esfuerzos, tensiones y vibraciones bogie/via	T
Mediciones eficiencia convertidor estatico	T
<b>Prestaciones equipo de freno</b>	
Freno neumático	T/S
Freno de servicio	T/S
Freno de urgencia	T/S
Antibloqueo	T
Modos degradados de freno	T
Freno de Estacionamiento, retención y arranque en rampa.	T
<b>Prestaciones equipo de tracción</b>	
Equipo de tracción + modo socorro	T/S
<b>Prestaciones de equipos y sistemas</b>	
Nivel de ruido exterior / Interior	T
ATP – ATO +TREN STOP	T/S
Contador de personas	T
Confort en zona de pasaje	T
Gálbo en estaciones	T
Estabilidad de marcha	T
Información al Viajero	T
Video vigilancia y video información	T
Radioteléfono	T
Caja Negra	T
WIFI	T
<b>REMOLCADO DE UNIDADES</b>	
<b>Acoplamiento entre unidades</b>	
Acople unidades	T/S
Acoplamiento y compatibilidad trenes actuales	T

Los ensayos dinámicos tipo y serie se realizarán en una vía de pruebas fuera de las instalaciones de FMB. Será responsabilidad del Adjudicatario disponer de vía de pruebas y de los recursos necesarios para realizarlas.

Las comprobaciones a realizar en las vías de FMB deberán de ser las minimas y estrictamente necesarias para la puesta en servicio del tren. Para aquellas pruebas que sea imprescindible ser realizadas en las vías de FMB, el Adjudicatario deberá considerar que la disponibilidad para tales pruebas será de 3 (TRES) horas en horario nocturno de tres días laborables por semana y fuera del horario comercial.

La finalización de estas pruebas por parte del Adjudicatario y su correspondiente validación por parte de FMB se considera como hito de finalización de fabricación de tren en fabrica.

Para la autorización de la salida de tren de fábrica será preciso la firma por parte de FMB del “acta de expedición del tren” que deberá tener al menos los siguientes anexos:

- Protocolo de pruebas serie (dinámico y estático) con los resultados.
- Listado de materiales pendientes de montar
- Listado de modificaciones no implantadas
- Check list (Verificación visual) estado del tren, exterior, interior, bajo bastidor y cubierta/techo.

Para la aprobación de la primera unidad de deberá completar todas las pruebas tipo y serie, validadas por FMB, así com el proyecto visado por el colegio de Ingenieros Industriales, y la autorización por parte de la autoridad ferroviaria.



## 11 ANEXO 3: PERFIL DEL TRAMO ELEGIDO Y LAS VELOCIDADES EN ATO L1 y L3

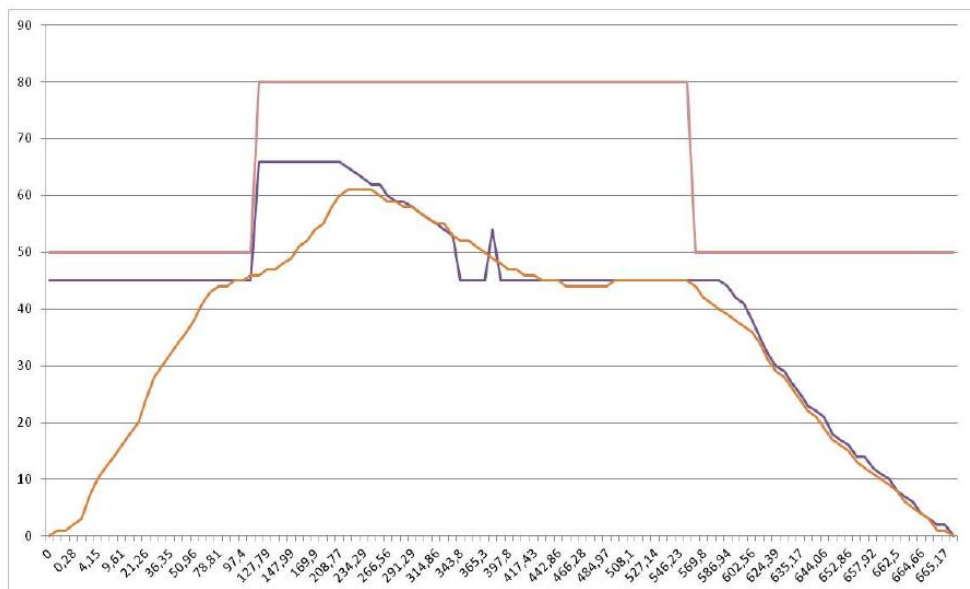
### L1

#### VELOCIDADES ATO VIA 2

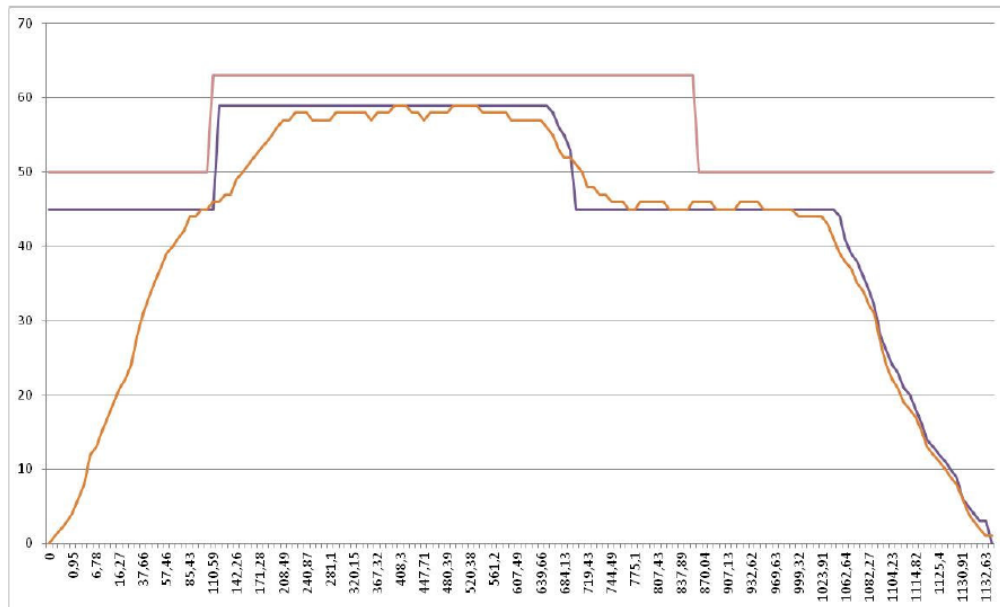
##### Can Serra - R. Just Oliveras



##### R. Just Oliveras - Av. Carrilet



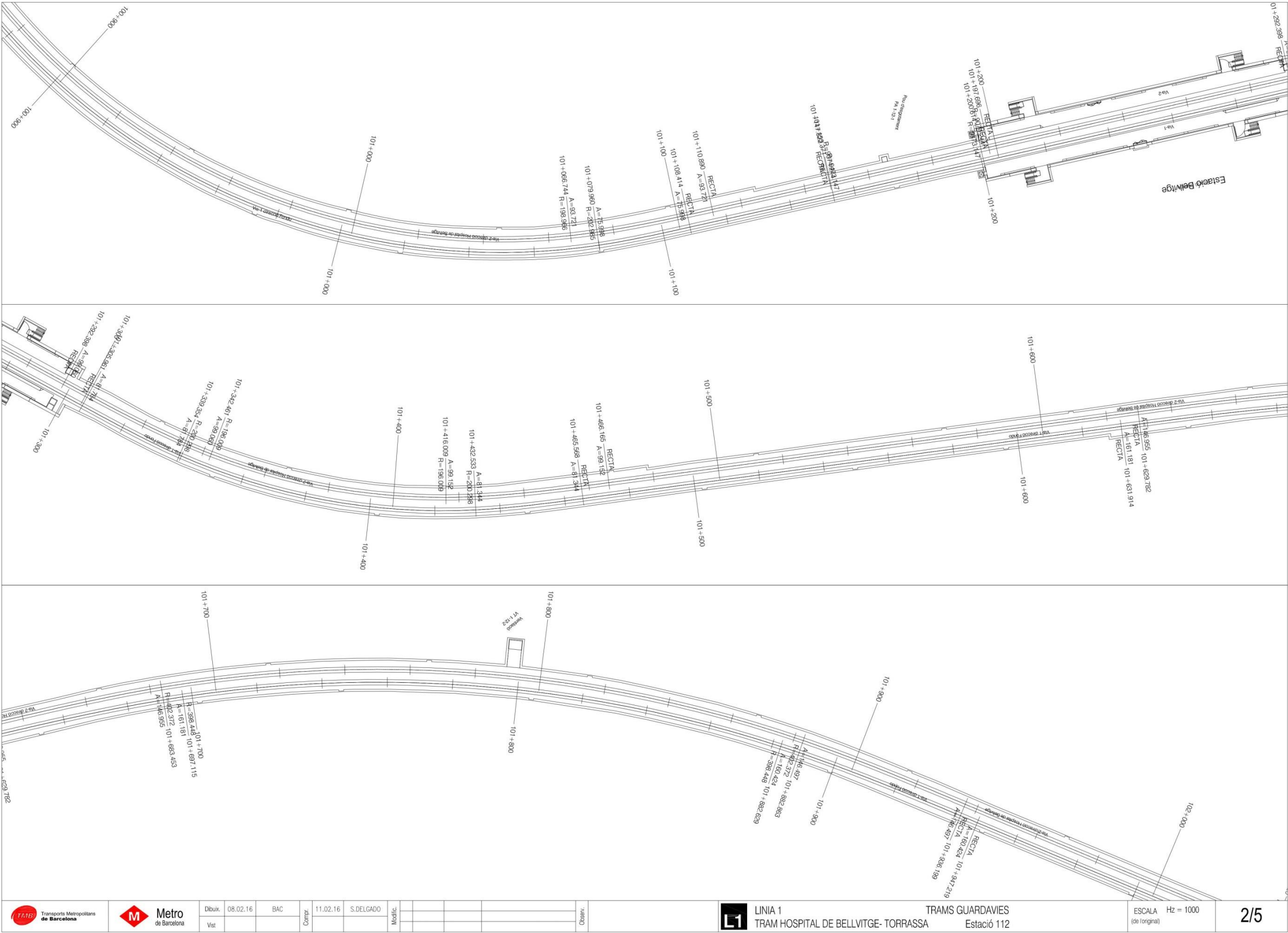
## Av. Carrilet – Bellvitge



## Bellvitge - Hospital Bellvitge

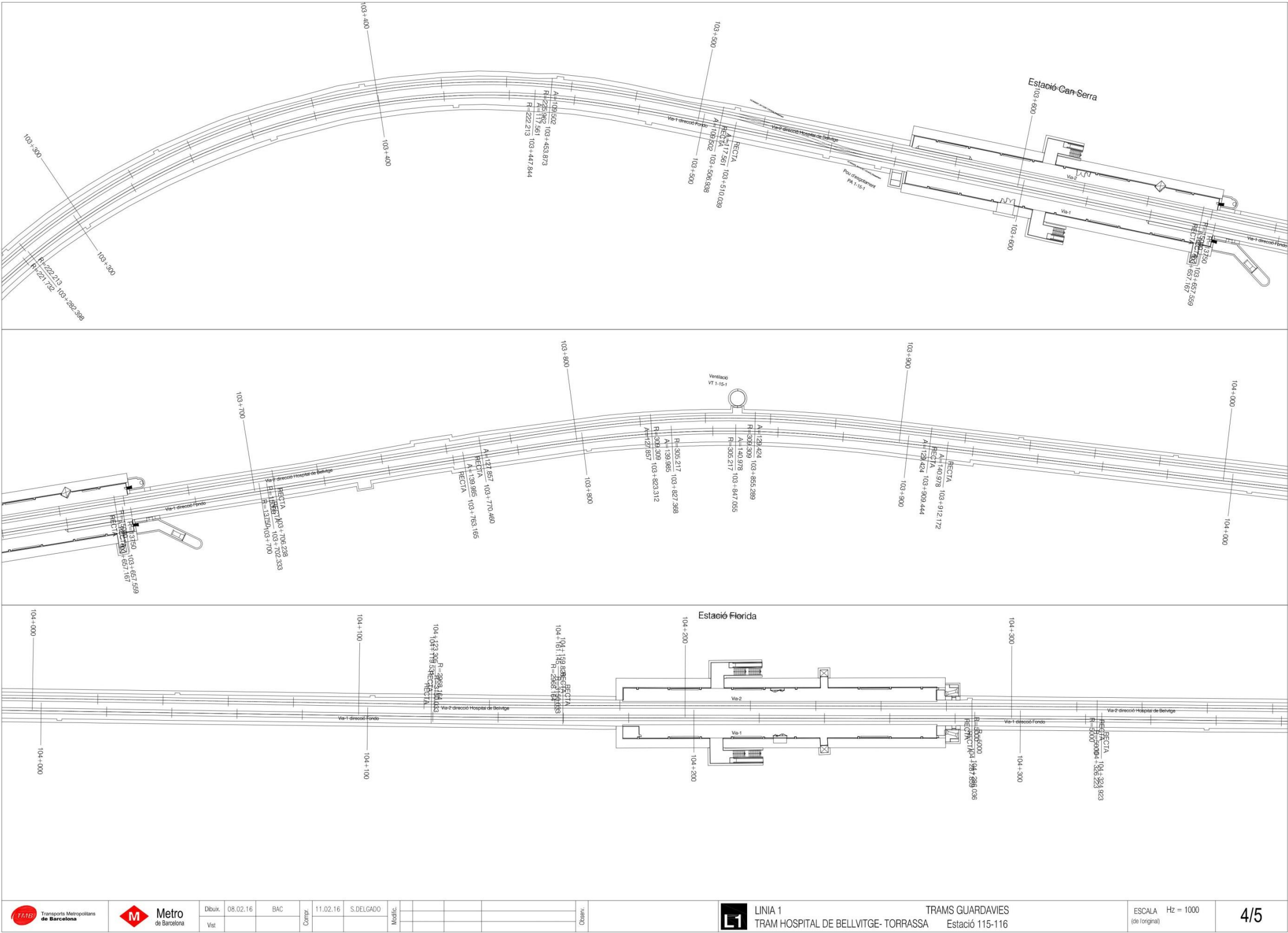








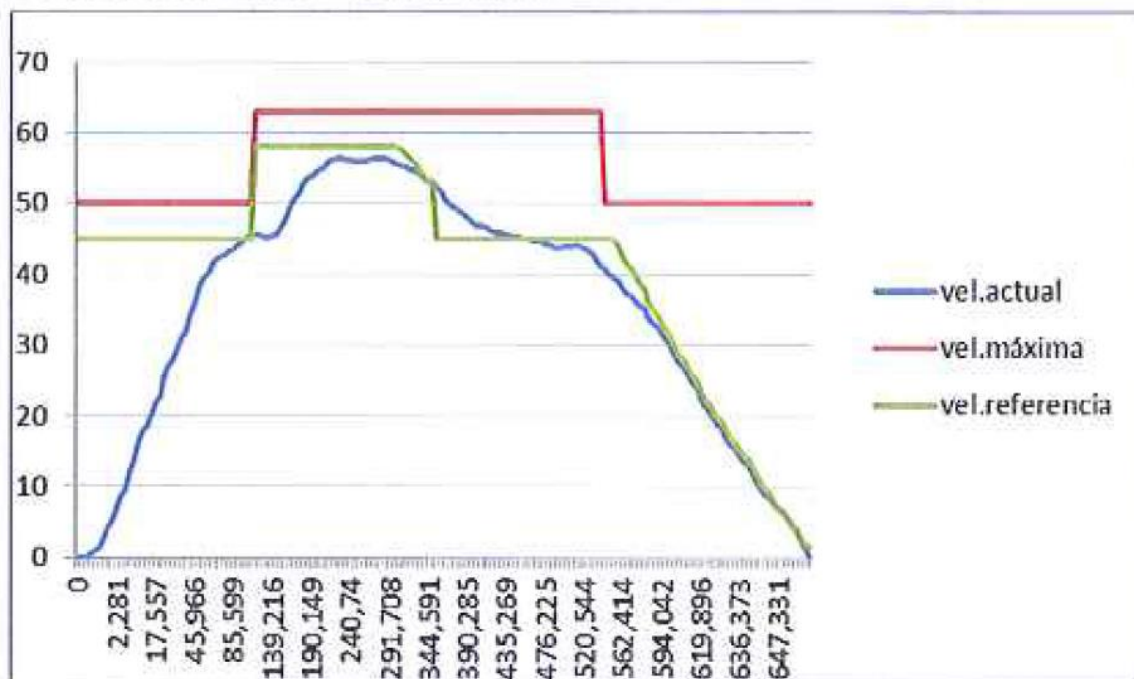




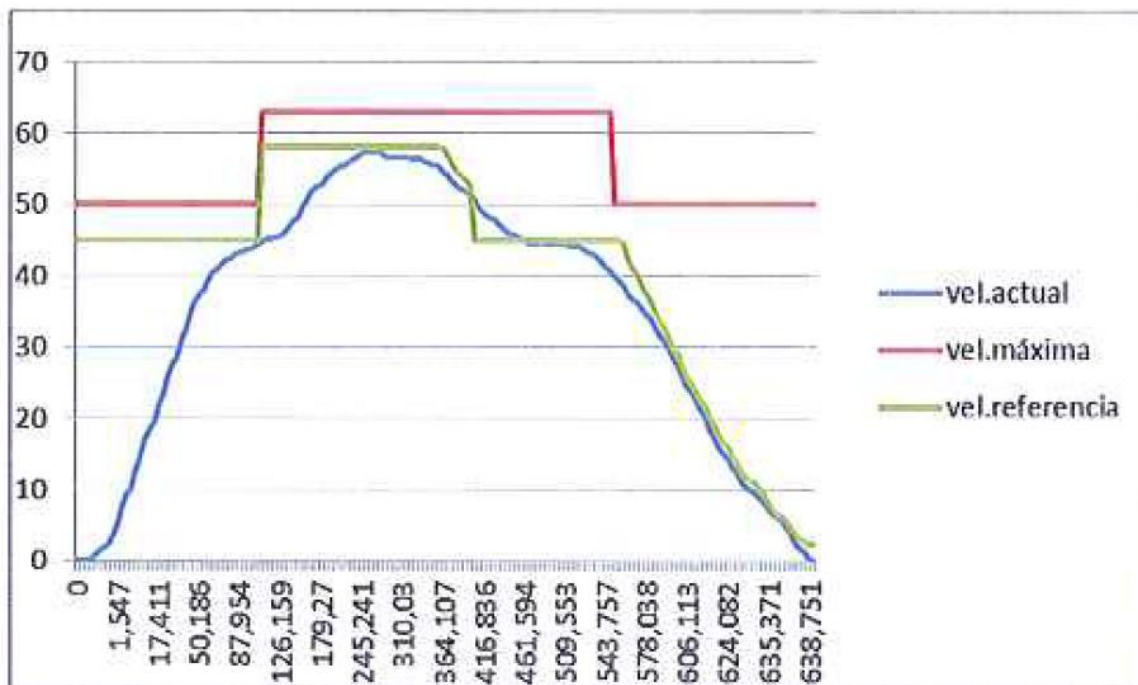
### L3

#### VELOCIDADES ATO VIA 1

##### Zona-Universitaria – Palau Reial

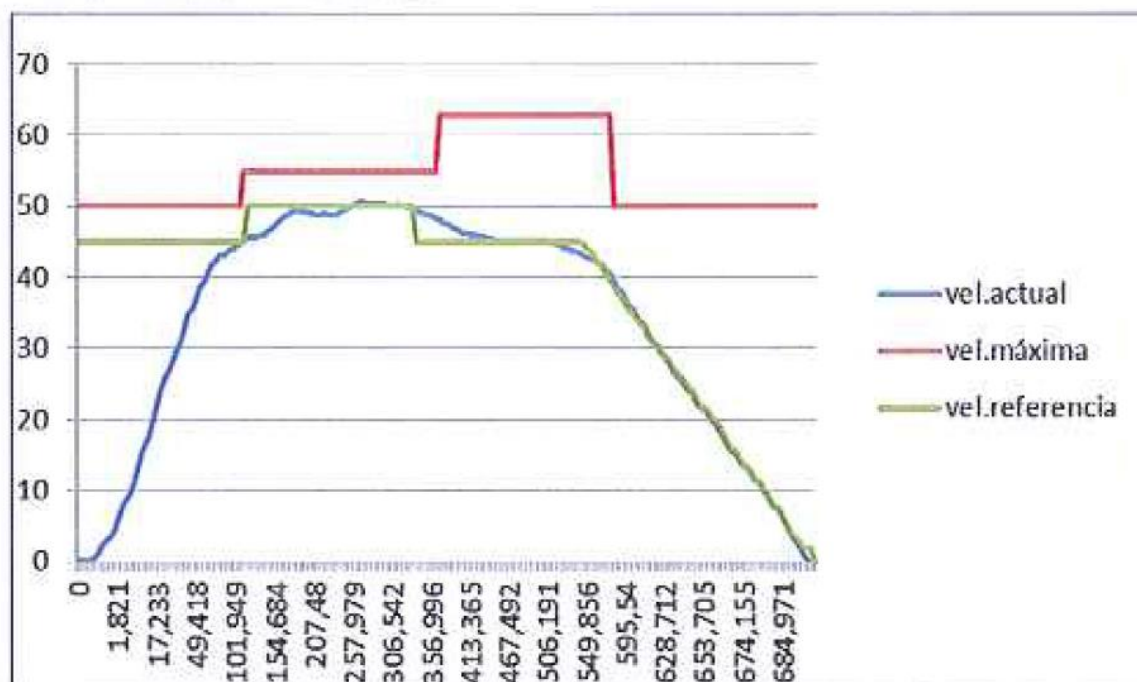


##### Palau Reial – Maria Cristina

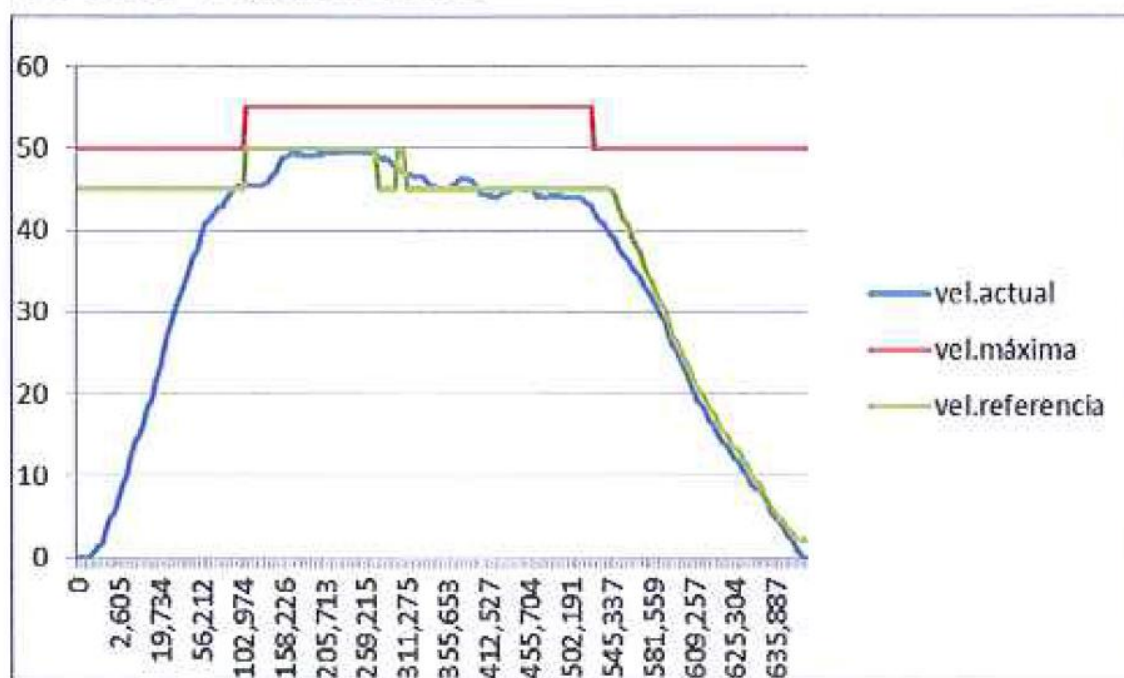




## Maria Cristina – Les Corts



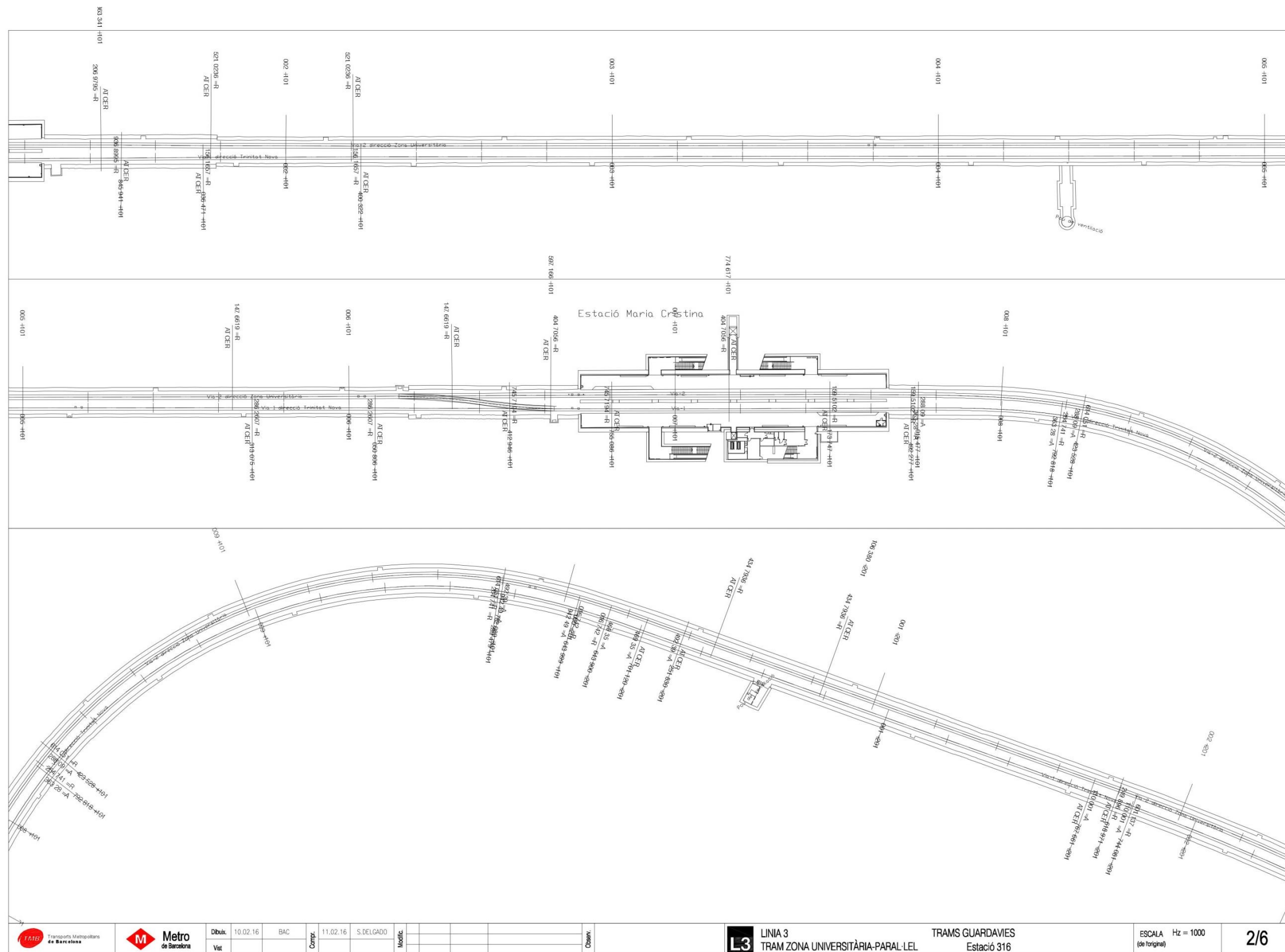
## Les Corts – Plaça del Centre

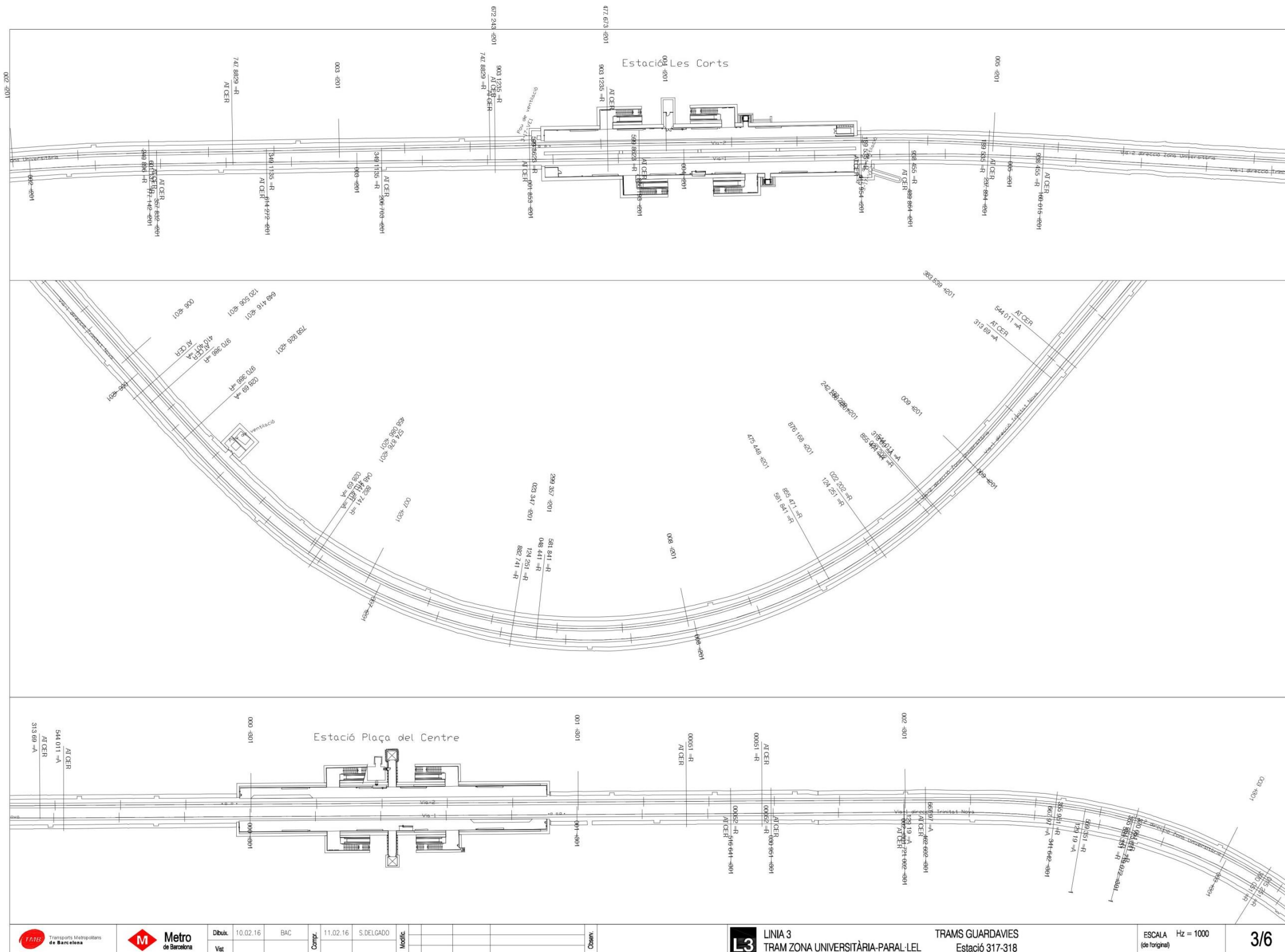




### PERFIL DEL TRAMO L3







## 12 ANEXO 4: CONTORNOS DE REFERENCIA

